

Ранняя диагностика повышенной жесткости магистральных сосудов у подростков с функциональной патологией вегетативного генеза

И.В. Леонтьева¹, И.А. Ковалев¹, М.А. Школьников¹, Ю.С. Исаева¹, А.Н. Путинцев¹,
Е.Н. Дудинская², О.Н. Ткачева², Л.В. Мачехина²

¹ОСП «Научно-исследовательский клинический институт педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева»
ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия;

²ОСП «Российский геронтологический научно-клинический центр» ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова
Минздрава России, Москва, Россия

Early diagnosis of increased stiffness of great vessels in adolescents with functional pathology of vegetative genesis

I.V. Leontyeva¹, I.A. Kovalev¹, M.A. Shkolnikova¹, Yu.S. Isayeva¹, A.N. Putintsev¹,
E.N. Dudinskaya², O.N. Tkacheva², L.V. Machehina²

¹Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics of the Pirogov Russian National Research Medical University,
Moscow, Russia;

²Pirogov Russian Gerontological Research and Clinical Center, Moscow, Russia

У 40 подростков 15–17 лет с функциональной сердечно-сосудистой патологией вегетативного генеза выполнено 24-часовое мониторирование артериального давления (осциллометрическим методом BPLab Vasotens, ООО «Петр Телегин», Нижний Новгород) с оценкой параметров центрального артериального давления и ригидности магистральных артерий.

Выявлено достоверно более высокое центральное систолическое давление в дневные и ночные часы в группе подростков с артериальной гипертензией ($n=13$) по сравнению с подростками с нормальным артериальным давлением ($n=27$). Получены достоверно более высокие показатели скорости распространения пульсовой волны как в целом за сутки, так и в дневные и ночные часы в группе с артериальной гипертензией по сравнению с группой подростков с нормальным артериальным давлением. По параметрам времени распространения отраженной пульсовой волны, индексу аугментации отличий не выявлено. Время распространения отраженной пульсовой волны ночью было значительно меньше, чем днем. В группе с артериальной гипертензией скорость распространения пульсовой волны в аорте коррелировала только с диастолическим суточным и дневным давлением. У подростков с нормальным артериальным давлением скорость распространения пульсовой волны коррелировала с систолическим и пульсовым артериальным давлением. Индекс аугментации в группе подростков с артериальной гипертензией коррелировал с диастолическим давлением в отличие от группы с нормальным артериальным давлением, где подобная корреляция не выявлена.

Ключевые слова: подростки, жесткость сосудистой стенки, центральное аортальное давление, раннее сосудистое старение, артериальная гипертензия, суточное мониторирование артериального давления.

Для цитирования: Леонтьева И.В., Ковалев И.А., Школьников М.А., Исаева Ю.С., Путинцев А.Н., Дудинская Е.Н., Ткачева О.Н., Мачехина Л.В. Ранняя диагностика повышенной жесткости магистральных сосудов у подростков с функциональной патологией вегетативного генеза. Рос вестн перинатол и педиатр 2021; 66:(3): 52–61. DOI: 10.21508/1027-4065-2021-66-3-52-61

40 adolescents aged 15–17 years with functional cardiovascular pathology of vegetative origin underwent a 24-hour blood pressure monitoring (using the oscillometric method BPLabVasotens, Peter Telegin LLC, Nizhny Novgorod) with an assessment of central blood pressure parameters and rigidity of the main arteries.

The scientists found significantly higher values of central systolic pressure during the day and night hours in the group of adolescents with arterial hypertension ($n=13$) compared to adolescents with normal blood pressure ($n=27$). They determined significantly higher values of the pulse wave velocity both during 24 hours and in the day and night hours in the group with arterial hypertension compared to the group of adolescents with normal blood pressure. No differences were found in the parameters of the propagation time of the reflected pulse wave and the augmentation index. The time of the reflected pulse wave propagation was significantly lower at nighttime compared to the daytime. In the group with arterial hypertension, the rate of pulse wave propagation in the aorta correlated only with the values of diastolic pressure over 24 hours and diastolic pressure in the daytime. In the adolescents with normal blood pressure, the pulse wave velocity correlated with systolic and pulse blood pressure. The augmentation index in the group of adolescents with arterial hypertension correlated with diastolic pressure, in contrast to the group of adolescents with normal blood pressure, where such a correlation was not detected.

Key words: adolescents, vascular wall stiffness, central aortic pressure, early vascular aging, arterial hypertension, daily blood pressure monitoring.

For citation: Leontyeva I.V., Kovalev I.A., Shkolnikova M.A., Isayeva Yu.S., Putintsev A.N., Dudinskaya E.N., Tkacheva O.N., Machehina L.V. Early diagnosis of increased stiffness of great vessels in adolescents with functional pathology of vegetative genesis. Ros Vestn Perinatol i Peditr 2021; 66:(3): 52–61 (in Russ). DOI: 10.21508/1027-4065-2021-66-3-52-61

Сердечно-сосудистая патология занимает ведущее место в структуре смертности у лиц трудоспособного возраста. Основными причинами смертности от сердечно-сосудистой патологии служат артериаль-

ная гипертензия и атеросклеротическое поражение сосудистого русла [1–4]. В настоящее время не вызывает сомнения, что истоки заболевания взрослых относятся к детскому возрасту, и это диктует необ-

ходимость ранней диагностики начальных изменений сосудистой стенки с целью своевременного начала превентивных мероприятий, что важно для замедления прогрессирования патологии и/или регресса начальных изменений [5]. Патологические изменения крупных сосудов вносят значительный, а часто решающий вклад в повышение риска развития сердечно-сосудистых осложнений и смертности от них. При этом снижение эластичности сосудистой стенки и развитие атеросклеротических изменений выявляются уже на раннем этапе в подростковом возрасте [5–8].

В результате исследований, проведенных у взрослых пациентов, накоплено достаточно данных, свидетельствующих о важности определения жесткости артериальной стенки как показателя, характеризующего ремоделирование сосудов [1, 9, 10]. Измерение скорости пульсовой волны признано «золотым стандартом» оценки ригидности артерий. Показана высокая прогностическая ценность таких показателей, как скорость пульсовой волны, центральное систолическое и пульсовое давления в аорте для стратификации риска развития сердечно-сосудистых осложнений [1, 2]. Установлено, что наибольшие изменения жесткости и центрального артериального давления характерны для лиц с метаболическим синдромом и артериальной гипертензией [10].

В 2005–2006 гг. исследователи из Италии и США предложили новый термин «сосудистое старение». Оно представляет собой генерализованный процесс, затрагивающий все слои артериальной стенки, в основе которого лежат структурные и функциональные изменения крупных артерий [11]. Ранее

сосудистое старение — это ускоренное развитие патологических изменений у пациентов с высоким риском развития сердечно-сосудистых заболеваний. При этом одновременно происходят процессы артериосклероза, выражающегося в дегенерации эластических волокон, накоплении коллагена в меди сосудистой стенки [12]. Основные измеряемые маркеры сосудистого старения включают параметры ригидности в аорте и сонных артериях, центральное давление, диаметр просвета аорты и сонных артерий, дисфункцию эндотелия и толщину комплекса интима-медиа сонных артерий [13]. Именно они в настоящее время рассматриваются как артериальные тканевые маркеры, возможно, более специфичные и значимые для оценки риска развития сердечно-сосудистой патологии, чем циркулирующие биомаркеры. В концепции сосудистого старения понятие «ригидность (жесткость) артерий» отражает суммарное влияние эндо- и экзогенных факторов риска на сосудистую стенку в процессе онтогенеза. Повышение ригидности артерий позволяет оценить истинное повреждение артериальной стенки, в отличие от классических факторов риска сердечно-сосудистой патологии [14].

Оценка состояния сосудистой стенки у лиц молодого возраста представляет повышенный интерес в связи с возможностью предупреждения или регресса выявленных изменений на фоне немедикаментозной и медикаментозной терапии. Применение новых неинвазивных технологий для оценки жесткости сосудистой стенки в ходе 24-часового мониторинга артериального давления (АД) дает важную информацию о начальных симптомах ремоделирования сосудов, при этом они сопоставляются с суточными измерениями АД [8]. Показано, что увеличение жесткости сосудов ассоциируется с гипертрофией миокарда у подростков и лиц молодого возраста [15]. Ранее выявление лиц молодого возраста с повышенной жесткостью артериальных сосудов важно для выделения группы лиц с повышенным риском развития сердечно-сосудистых заболеваний и своевременного начала профилактических мероприятий [16]. К сожалению, до настоящего времени не проводились крупные исследования, в которых были бы установлены референсные значения центрального давления и жесткости магистральных сосудов в течение суточного мониторинга АД у детей и подростков.

Цель исследования: оценить параметры центрального артериального давления и ригидности магистральных артерий у подростков с функциональной сердечно-сосудистой патологией.

Характеристика детей и методы исследования

Обследованы 40 пациентов 15–17 лет, находившихся на обследовании в детском кардиологическом отделении НИКИ педиатрии с диагнозом: функциональная сердечно-сосудистая патология вегетатив-

© Коллектив авторов, 2021

Адрес для корреспонденции: Леонтьева Ирина Викторовна — д.м.н., проф., гл. науч. сотр. отдела детской кардиологии и аритмологии Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева, ORCID: 0000-0002-5273-6859

Ковалев Игорь Александрович — д.м.н., проф., рук. отдела детской кардиологии и аритмологии Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева, ORCID: 0000-0001-8195-5682
Школьников Мария Александровна — д.м.н., проф., науч. рук. Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева

Путинцев Александр Николаевич — к.м.н., зав. отделом информационных технологий и мониторинга Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева, ORCID: 0000-0001-6080-7445

Исаева Юлия Сергеевна — врач детский кардиолог отделения детской кардиологии Научно-исследовательского клинического института педиатрии им. академика Ю.Е. Вельтищева, 125412, г. Москва, ул. Талдомская, д. 2

Дудинская Екатерина Наильевна — к.м.н., зав. лабораторией возрастных метаболических эндокринных нарушений Российского геронтологического научно-клинического центра, ORCID: 0000-0001-7891-6850
e-mail: katharina.gin@gmail.com

Ткачева Ольга Николаевна — д.м.н., проф., дир. Российского геронтологического научно-клинического центра, ORCID: 0000-0002-4193-688X
Мачехина Любовь Викторовна — к.м.н., науч. сотр. лаборатории возрастных метаболических эндокринных нарушений Российского геронтологического научно-клинического центра, ORCID: 0000-0002-2028-3939
129226, Москва, Россия, ул. 1-я Леонова, д. 16

ного генеза. В зависимости от уровня АД они были разделены на 2 группы: с артериальной гипертензией по данным офисных значений АД более 95-го перцентиля (13 пациентов) – основная группа и нормальным уровнем АД (27 пациентов) – группа сравнения. Органическое поражение сердечно-сосудистой системы (врожденные и приобретенные пороки сердца, кардиомиопатии), а также нарушения ритма сердца и проведения были исключены на основании физикального обследования и результатов электро- и эхокардиографии. Всем обследуемым проводилось 24-часовое суточное мониторирование АД осциллометрическим датчиком (BPLabVasotens, ООО «Петр Телегин», Нижний Новгород», Россия). При проведении суточного мониторирования АД, наряду с периферическим давлением, проводилось измерение центрального давления (систолического, диастолического, пульсового), индекса аугментации (Ахао, %), амплификации пульсового давления (РРА, %) и определение суточных показателей ригидности артерий: скорости пульсовой волны в аорте (PWVao, м/с), времени распространения отраженной волны (RWTT, мс). Все обследованные не получали медикаментозной терапии.

Статистический анализ полученных данных был выполнен с помощью программы Statistica 6.1 («StatSoft Inc», США). Количественные признаки представлены в виде медиан и интерквартильных интервалов. Сравнение выборок по количественным показателям произведено с определением U-критерия Манна–Уитни (для двух независимых групп), критерия Вилкоксона (для зависимых групп), по качественным показателям выполнялось построе-

ние таблиц сопряженности и их анализ с применением критерия χ^2 в модификации Пирсона. Установлен уровень статистической значимости $p<0,05$.

Результаты

Суточные показатели АД достоверно различались в двух подгруппах в зависимости от исходных значений офисного АД. В группе детей с артериальной гипертензией по сравнению с группой с нормальным АД были достоверно более высокими среднесуточное, дневное и ночное систолическое и диастолическое АД за сутки и в дневные часы, а также показатели пульсового АД за сутки, день и ночь. Различий по частоте сердечных сокращений не выявлено (табл. 1).

Значения центрального давления и скорости распространения пульсовой волны в аорте, индекс аугментации и амплификации АД по данным суточного мониторирования представлены в табл. 2 и 3.

Выявлены достоверно более высокие значения центрального систолического давления как в дневные и ночные часы, так и за сутки в целом в группе подростков с артериальной гипертензией по сравнению с подростками с нормальным АД. При этом значение центрального систолического давления не превышало 95-й перцентиль распределения этого признака для соответствующего пола и возраста. В то же время уровень диастолического АД не различался в двух группах. Уровень центрального пульсового давления был достоверно более высоким в группе с артериальной гипертензией по сравнению с таковым у подростков с нормальным АД в среднем за сутки и в дневные часы. Различия в показателях

Таблица 1. Показатели периферического АД и частоты сердечных сокращений (ЧСС) у подростков по данным суточного мониторирования в зависимости от офисного уровня АД
Table 1. Indicators of peripheral blood pressure and heart rate (HR) in adolescents according to daily monitoring data, depending on the office level of blood pressure

Пациенты		САДс	САДд	САДн	ДАДс	ДАДд	ДАДн	ПАДс	ПАДд	ПАДн	ЧССс	ЧССд	ЧССн
С АГ (n=13)													
Медиана		128,00	132,00	118,50	71,0	72,0	61,50	56,0	58,00	50,50	79,00	79,00	59,00
Процентили	25-й	122,50	123,50	111,00	66,0	68,00	54,25	51,5	52,50	48,00	65,50	69,50	56,25
	75-й	137,00	143,00	121,75	76,5	82,00	68,50	67,5	68,00	68,00	82,50	89,00	68,50
Без АГ (n=27)													
Медиана		115,00	116,00	105,00	66,0	68,00	58,00	44,0	45,00	43,00	70,00	74,00	56,00
Процентили	25-й	106,00	112,00	94,00	64,0	67,00	53,00	38,0	40,00	39,00	63,00	66,00	54,00
	75-й	123,00	126,00	110,00	71,0	73,00	63,00	52,0	52,00	54,00	77,00	81,00	63,00
Уровень значимости		0,001*	0,0001*	0,0001*	0,07	0,106	0,358	0,001*	0,002*	0,003*	0,197	0,168	0,258

Примечание. * $p<0,05$ – уровень асимптотической значимости критерия Манна–Уитни сравнения распределения параметров для независимых выборок (пациенты с АГ и без АГ). АГ – артериальная гипертензия, САДс – систолическое артериальное давление (сутки); САДд – систолическое артериальное давление (день); САДн – систолическое артериальное давление (ночь); ДАДс – диастолическое артериальное давление (сутки); ДАДд – диастолическое артериальное давление (день); ДАДн – диастолическое артериальное давление (ночь); ПАДс – пульсовое артериальное давление (сутки); ПАДд – пульсовое артериальное давление (день); ПАДн – пульсовое артериальное давление (ночь); ЧССс – частота сердечных сокращений (сутки); ЧССд – частота сердечных сокращений (день); ЧССн – частота сердечных сокращений (ночь).

центрального пульсового давления в ночные часы не достигли статистической значимости.

Скорость распространения пульсовой волны оказалась достаточно высокой у детей как с повышенным, так и с нормальным АД. Установлены достоверно более высокие значения этого параметра как в целом за сутки, так и в дневные и ночные часы в группе с артериальной гипертензией по сравнению

с группой с нормальным АД. При анализе суточной динамики данного показателя обращает внимание его значительное снижение в ночные часы по сравнению с дневными. Кроме того, отмечены достоверные отличия по максимальной скорости нарастания АД в плечевой артерии, уровни которого были значительно более высокими в группе подростков с артериальной гипертензией. Вместе с тем по пара-

Таблица 2. Показатели центрального АД у подростков по данным суточного мониторинга в зависимости от офисного уровня АД

Table 2. Indicators of central blood pressure in adolescents according to daily monitoring data, depending on the office level of blood pressure

Пациенты)		САДаос*	САДаод*	САДаон*	ДАДаос	ДАДаод	ДАДаон	ПАДаос*	ПАДаод*	ПАДаон*
С АГ (n=13)										
Медиана		114,00	115,00	104,50	73,00	74,00	62,00	38,00	38,00	38,00
Процентили	25-й	107,50	107,50	99,75	66,50	70,00	54,50	35,00	35,00	34,00
	75-й	118,00	123,00	107,75	78,00	84,00	69,75	47,00	45,50	50,75
Без АГ (n=27)										
Медиана		103,00	105,00	94,50	68,00	70,00	59,00	31,00	31,00	33,00
Процентили	25-й	95,00	98,00	85,75	66,00	68,00	54,75	29,00	28,00	28,75
	75-й	108,00	109,00	101,00	72,00	74,00	64,00	35,00	36,00	37,25
Уровень значимости		0,001*	0,001*	0,001*	0,083	0,089	0,343	0,003*	0,005*	0,012*

Примечание. * $p < 0,05$ — уровень асимптотической значимости критерия Манна–Уитни сравнения распределения параметров для независимых выборок (пациенты с АГ и без АГ). АГ — артериальная гипертензия; САДаос — центральное систолическое артериальное давление (сутки); САДаод — центральное систолическое артериальное давление (день); САДаон — центральное систолическое артериальное давление (ночь); ДАДаос — центральное диастолическое артериальное давление (сутки); ДАДаод — центральное диастолическое артериальное давление (день); ДАДаон — центральное диастолическое артериальное давление (ночь); ПАДаос — центральное пульсовое артериальное давление (сутки); ПАДаод — центральное пульсовое артериальное давление (день); ПАДаон — центральное пульсовое артериальное давление (ночь).

Таблица 3. Показатели ригидности сосудистой стенки у подростков по данным суточного мониторинга в зависимости от офисного уровня АД

Table 3. Indicators of vascular wall rigidity in adolescents according to daily monitoring data, depending on the office blood pressure level

Пациенты		dP/dtc	dP/dtd	dP/dtn	RWTtc	RWTtd	RWTtn	AIxc	AIxd	AIxn	PWVaос	PWVaод	PWVaон
С АГ (n=13)													
Медиана		858,0	916,0	724,5	157,0	157,0	167,0	-60,00	-60,00	-57,50	9,35	9,85	8,40
Процентили	25	781,0	784,0	669,2	146,0	140,5	157,5	-69,00	-71,00	-65,25	8,83	9,20	8,00
	75	1062,5	1081,0	910,0	173,5	170,5	176,2	-55,50	-54,00	-55,25	10,40	10,48	9,70
Без АГ (n=27)													
Медиана		599,0	628,0	550,5	158,0	156,0	167,0	-61,00	-62,00	-59,00	8,60	8,90	8,15
Процентили	25	550,0	564,0	467,0	152,0	149,0	161,0	-64,00	-65,00	-62,75	8,00	8,20	7,35
	75	803,0	868,0	717,5	169,0	167,0	175,2	-54,00	-57,00	-47,50	9,50	9,60	9,05
Уровень значимости		0,001*	0,001*	0,005*	0,909	0,864	0,745	0,711	0,932	0,545	0,045	0,019	0,099

Примечание. * $p < 0,05$ — уровень асимптотической значимости критерия Манна–Уитни сравнения распределения параметров для независимых выборок (пациенты с АГ и без АГ). АГ — артериальная гипертензия; dP/dtc — максимальная скорость нарастания АД в плечевой артерии (сутки); dP/dtd — максимальная скорость нарастания АД в плечевой артерии (день); dP/dtn — максимальная скорость нарастания АД в плечевой артерии (ночь); PWVaос — скорость распространения пульсовой волны (сутки); PWVaод — скорость распространения пульсовой волны (день); PWVaон — скорость распространения пульсовой волны (ночь); AIxc — индекс аугментации (сутки); AIxd — индекс аугментации (день); AIxn — индекс аугментации (ночь); RWTtc — время распространения отраженной пульсовой волны (сутки); RWTtd — время распространения отраженной пульсовой волны (день); RWTtn — время распространения отраженной пульсовой волны (ночь).

метрам времени распространения отраженной пульсовой волны, индексу аугментации, характеризующим увеличение давления в аорте за счет отраженных волн, различий не выявлено. Обращает внимание, что время распространения отраженной пульсовой волны было значительно меньше ночью, чем днем. Возможно, это связано как с большей активностью в дневные часы, так и с изменением положения тела с горизонтального на вертикальное.

Показатель амплификации АД (прирост артериального давления от аорты до плечевой артерии), как в среднем за сутки, так и в дневные и ночные часы в группе пациентов с артериальной гипертензией был достоверно более высоким, чем у подростков с нормальным АД (обычно снижается). По индексу эффективности субэндокардиального кровотока и индекса аугментации в аорте достоверных различий не выявлено (табл. 4).

Корреляции между суточными показателями АД и параметрами ригидности артериальной стенки представлены в табл. 5. Корреляции различались в группах в зависимости от исходного уровня АД. Так, в группе с артериальной гипертензией скорость распространения пульсовой волны в аорте коррелировала только с уровнями диастолического суточного и дневного давления. В то же время у пациентов с нормальным АД скорость распространения пульсовой волны коррелировала с систолическим и пульсовым АД. Индекс аугментации в группе подростков с артериальной гипертензией коррелировал с диастолическим давлением, в отличие от группы с нормальным АД, в которой подобная корреляция не выявлена. Как у подростков с артериальной гипертензией, так и при нормальном уровне АД индекс аугментации в аорте коррелировал

с центральным систолическим ($r = -0,337$; $p < 0,05$) и пульсовым АД ($r = -0,497$; $p < 0,001$).

Время распространения отраженной волны в двух группах коррелировало с частотой сердечных сокращений. Установлена взаимосвязь максимальной скорости нарастания АД в плечевой артерии с систолическим и пульсовым АД за сутки, в дневной и ночной периоды как в группе с артериальной гипертензией так и в группе с нормальным АД. Показатель амплификации АД коррелировал с частотой сердечных сокращений в двух группах, а также только в группе с артериальной гипертензией – с уровнем диастолического АД.

Обсуждение

В последнее время большое число исследований, проведенных у взрослых, было посвящено оценке изменений морфофункциональных свойств сосудистой стенки. Сосудистая стенка в настоящее время рассматривается в качестве нового органа-мишени при артериальной гипертензии [1, 2, 17, 18]. Измерение скорости пульсовой волны признано «золотым стандартом» для оценки ригидности артерий [1, 2, 9]. Скорость пульсовой волны более 10 м/с, характеризующая повышенную жесткость сосудистой стенки, включена в перечень критериев субклинического поражения органов-мишеней у лиц с артериальной гипертензией в Европейских (2018 г.) и Российских (2020 г.) рекомендациях по диагностике и лечению пациентов с артериальной гипертензией [1, 3]. Установлено, что повышение жесткости артериальной стенки служит информативным показателем для оценки риска смерти взрослых от сердечно-сосудистой патологии [1, 19]. При этом высокая скорость распространения пульсовой волны рассматривается

Таблица 4. Значения индекса аугментации в аорте, индекса амплификации и индекса эффективности субэндокардиального кровотока у подростков по данным суточного мониторинга в зависимости от офисного уровня АД
Table 4. Indicators of the aortic augmentation index, the amplification index, and the subendocardial blood flow efficiency index in adolescents according to daily monitoring data, depending on the office blood pressure level

Пациенты		AI _{хаос}	AI _{хаод}	AI _{хаон}	PPA _с *	PPA _д *	PPA _н *	SEVR _с	SEVR _д	SEVR _н
С АГ (n=13)										
Медиана		-8,00	-9,00	-6,00	147,00	151,00	135,00	128,00	131,00	127,00
Процентили	25-й	-11,50	-13,00	-12,75	142,50	146,00	130,00	114,50	114,50	116,25
	75-й	-6,50	-6,50	-2,25	151,00	154,50	139,00	135,50	134,00	153,00
Без АГ (n=27)										
Медиана		-6,00	-6,00	-5,50	142,00	146,00	129,00	130,00	126,00	131,00
Процентили	25-й	-11,00	-11,00	-11,00	138,00	140,00	126,00	119,00	118,00	110,00
	75-й	-3,00	-3,00	-1,00	145,00	149,00	134,25	141,00	143,00	147,50
Уровень значимости		0,151	0,135	0,505	0,007*	0,009*	0,021*	0,648	0,669	0,816

Примечание. * $p < 0,05$ – уровень асимптотической значимости критерия Манна–Уитни сравнения распределения параметров для независимых выборок (пациенты с АГ и без АГ). АГ – артериальная гипертензия; AI_{хаос} – индекс аугментации в аорте (сутки); AI_{хаод} – индекс аугментации в аорте (день); AI_{хаон} – индекс аугментации в аорте (ночь); PPA_с – показатель амплификации АД (сутки); PPA_д – показатель амплификации АД (день); PPA_н – показатель амплификации АД (ночь); SEVR_с – индекс эффективности субэндокардиального кровотока (сутки); SEVR_д – индекс эффективности субэндокардиального кровотока (день); SEVR_н – индекс эффективности субэндокардиального кровотока (ночь).

как более сильный предиктор фатальных осложнений, чем такие традиционные факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, как курение, уровень глюкозы, общего холестерина в крови и другие биологические маркеры [2, 6, 9].

Наибольшие изменения ригидности сосудистой стенки выявлены у взрослых пациентов при сочетании артериальной гипертензии и метаболического синдрома вследствие дополнительных негативных влияний метаболических факторов (дислипидемии, инсулинорезистентности) на сосудистую стенку [10]. Показано, что изменение жесткости сосудистой стенки по данным суточного мониторинга АД (PWVao, PWTT, ASI) могут свидетельствовать о нали-

чии дополнительных субклинических признаков поражения ее как органа-мишени и увеличении суммарного риска развития сосудистой патологии [10].

Исследования, посвященные оценке жесткости магистральных артерий в детской популяции, немногочисленны. Имеются трудности в определении референсных значений ригидности артерий у детей. В связи с этим в последних рекомендациях по диагностике и лечению артериальной гипертензии у детей и подростков определение жесткости артерий не вошло в перечень обязательных диагностических тестов [5, 20]. Вместе с тем подчеркивается, что необходимы дальнейшие исследования для выработки четких критериев диагностики ригидности артерий,

Таблица 5. Взаимосвязь уровней артериальной ригидности и средних значений суточного мониторинга периферического артериального давления у детей с артериальной гипертензией

Table 5. The relationship between arterial rigidity and the average values of daily monitoring of peripheral blood pressure in children with arterial hypertension

Параметры	САДс	САДд	САДн	ДАДс	ДАДд	ДАДн	ПАДс	ПАДд	ПАДн	ЧССс	ЧССд	ЧССн
PWVao				0,667*	0,596*							
RWTTc										-0,704**	-0,683**	
AIxc				0,572*	0,636*							
dPdtc	0,825**	0,778**	0,779**				0,968**	0,969**	0,920**			
PPAc					0,560*					0,899**	0,906**	0,761**
SEVRc										-0,561**		

Примечание. САДс – систолическое артериальное давление (сутки); САДд – систолическое артериальное давление (день); САДн – систолическое артериальное давление (ночь); ДАДс – диастолическое артериальное давление (день); ДАДд – диастолическое артериальное давление (день); ДАДн – диастолическое артериальное давление (ночь); ПАДс – пульсовое артериальное давление (сутки); ПАДд – пульсовое артериальное давление (день); ПАДн – пульсовое артериальное давление (ночь); ЧССс – частота сердечных сокращений (сутки); ЧССд – частота сердечных сокращений (день); ЧССн – частота сердечных сокращений (ночь); AIxc – индекс аугментации (сутки); PPAc – показатель амплификации АД (сутки); SEVRc – индекс эффективности субэндокардиального кровотока (сутки); dP/dtc – максимальная скорость нарастания АД в плечевой артерии (сутки); PWVao – скорость распространения пульсовой волны (сутки); RWTTc – время распространения отраженной пульсовой волны (сутки).

Таблица 6. Взаимосвязь ригидности артерий и средних значений суточного мониторинга периферического АД у детей с нормальным уровнем АД

Table 6. The relationship between arterial rigidity and the average values of daily monitoring of peripheral blood pressure in children with normal blood pressure

Параметры	САДс	САДд	САДн	ДАДс	ДАДд	ДАДн	ПАДс	ПАДд	ПАДн	ЧССс	ЧССд	ЧССн
PWVao	0,528**	0,523**	0,466*			0,413*	0,406*					0,413*
RWTTc										-0,655**	-0,653**	-0,497*
AIxc												
dPdtc	0,865**	0,858**	0,820**			0,978**	0,981**	0,930**				0,978**
PPAc									0,814**	0,800**	0,629**	
SEVRc			0,422*			0,457*	0,459*	0,439*	-0,767**	-0,765**	-0,613**	0,457*

Примечание. * – корреляция значима на уровне 0,05 (двусторонняя). ** – корреляция значима на уровне 0,01 (двусторонняя). САДс – систолическое артериальное давление (сутки); САДд – систолическое артериальное давление (день); САДн – систолическое артериальное давление (ночь); ДАДс – диастолическое артериальное давление (день); ДАДд – диастолическое артериальное давление (день); ДАДн – диастолическое артериальное давление (ночь); ПАДс – пульсовое артериальное давление (сутки); ПАДд – пульсовое артериальное давление (день); ПАДн – пульсовое артериальное давление (ночь); ЧССс – частота сердечных сокращений (сутки); ЧССд – частота сердечных сокращений (день); ЧССн – частота сердечных сокращений (ночь); AIxc – индекс аугментации (сутки); PPAc – показатель амплификации АД (сутки); SEVRc – индекс эффективности субэндокардиального кровотока (сутки); dP/dtc – максимальная скорость нарастания АД в плечевой артерии (сутки); PWVao – скорость распространения пульсовой волны (сутки); RWTTc – время распространения отраженной пульсовой волны (сутки).

начиная с детского возраста. До настоящего времени отсутствуют результаты проспективного наблюдения за подростками с повышенной ригидностью магистральных артерий.

Существуют два подхода к оценке ригидности магистральных артерий: одномоментная оценка и определение в ходе суточного мониторирования АД. Одномоментная оценка более целесообразна для проведения крупных популяционных исследований [21–23]. Значения артериальной жесткости могут варьировать в течение суток и зависят от положения пациента, степени физической активности и других факторов. В связи с этим целесообразнее оценивать показатели ригидности сосудистой стенки в ходе 24-часового мониторирования АД. Эти данные более полно отражают состояние сосудистой стенки по сравнению с одномоментной оценкой.

Американскими исследователями проведено популяционное одномоментное определение по оценке скорости распространения пульсовой волны в аорте с применением осциллометрического устройства Vicoder. Обследованы 1003 здоровых ребенка в возрасте от 6 до 18 лет. Средние значения (PWV) составили $4,3 \pm 0,4$ м/с в младшей возрастной группе (6–8,9 года), увеличиваясь до $5,3 \pm 0,5$ м/с в старшей возрастной группе детей (15–18 лет). Выявлены корреляции скорости распространения пульсовой волны с ростом, массой, индексом массы тела, уровнем АД, частотой сердечных сокращений. Установлено, что увеличение скорости пульсовой волны ассоциируется с низкой массой при рождении, курением, наследственностью, отягощенной по артериальной гипертензии у родственников I степени родства, ожирением. Показано, что скорость пульсовой волны в аорте слабо коррелирует с растяжимостью сонных артерий и не коррелирует с толщиной комплекса интимамедиа – информативным неинвазивным маркером ранних атеросклеротических изменений [23].

Аналогичная работа была проведена немецкими исследователями. На основании обследования 2227 лиц от 8 до 22 лет с использованием автоматического осциллометрического устройства (Mobil-O Graph) были предложены процентиля для скорости распространения пульсовой волны [24]. Средние значения 97-го перцентиля скорости пульсовой волны в возрасте 5 лет были сопоставимы у мальчиков и девочек – 4,49 и 4,56 м/с соответственно. В возрасте 21 года они были достоверно более высокими у мужчин, чем у женщин – 6,03 и 5,39 м/с соответственно.

Результаты крупного метаанализа показателей артериальной ригидности (одномоментное определение с использованием осциллометрических устройств), включившее 28 статей (общая когорта обследованных составила 13 100 подростков), продемонстрировали, что скорость пульсовой волны

на каротидно-фemorальном участке увеличивается с возрастом на 0,12 м/с (95% доверительный интервал 0,07–0,16 м/с) в год. Выявлена позитивная корреляция между параметрами скорости распространения пульсовой волны и уровнем АД, нарушением толерантности к глюкозе, метаболическим синдромом. В то же время не было получено четкой корреляции с ожирением [25].

Еще одним показателем ригидности магистральных артерий служит время распространения отраженной волны (PWTT), которое уменьшается при повышении ригидности артериальной стенки. В исследованиях, проведенных у взрослых пациентов, отмечено уменьшение времени распространения отраженной волны при метаболическом синдроме, сахарном диабете 2-го типа, ишемической болезни сердца. Данные суточного мониторирования АД с анализом жесткости артерий у взрослых продемонстрировали, что существует зависимость этих изменений от времени суток. Так, в норме время распространения пульсовой волны увеличивается ночью, что не происходит при патологии [10].

Центральное АД рассматривается как еще один важный показатель, который можно использовать для оценки жесткости сосудистой стенки. У молодых здоровых людей центральное АД ниже, чем периферическое, что связано с физиологическим феноменом – амплификацией пульсового давления. При распространении пульсовой волны от центральных, эластических артерий к меньшим, более резистентным артериям мышечного типа, ее амплитуда увеличивается. Известно, что разница между плечевым и центральным АД может составлять более 30 мм рт.ст. По мере нарастания жесткости сосудистой стенки с возрастом разница между плечевым и центральным давлением уменьшается. У взрослых пациентов с выраженными атеросклеротическими изменениями и артериальной гипертензией в ряде случаев уровень центрального систолического давления становится выше, чем на периферии, что обусловлено значительным увеличением амплитуды отраженной волны. Установлено, что центральное АД и его деформирующая нагрузка на сердце в большей степени, чем периферическое АД, отражает нагрузку на левый желудочек. Повышение центрального систолического АД напрямую ассоциировано с гипертрофией сосудистой стенки и развитием атеросклероза сонных артерий [9]. Продemonстрировано, что систолическое, диастолическое, пульсовое давление в аорте, а также индекс аугментации – важные факторы риска развития церебро- и сердечно-сосудистых осложнений [18]. Средние значения центрального систолического давления у девочек с 8 лет до 21 года увеличиваются с $91,21 \pm 7,52$ до $109,11 \pm 8,58$ мм рт.ст., а у мальчиков с $90,0 \pm 5,76$ до $110,5 \pm 9,57$ мм рт.ст. Значения 95-го перцентиля центрального систолического дав-

ления в возрасте 17–21 год для девочек составляет 122 мм рт.ст., для мальчиков — 129 мм рт.ст. [24].

По данным популяционных исследований, проведенных в Бразилии, на основании обследования 1038 детей и подростков в возрасте от 5 до 21 года были установлены процентильные значения для центрального (аортального) систолического АД и индекса аугментации. Показано, что 95-й процентиль систолического АД у девочек увеличивается с 5 до 21 года от 95,0 мм рт.ст. до 113 мм рт.ст., у мальчиков — от 97,7 до 116,9 мм рт.ст. Эти показатели были ниже, чем в немецкой популяции [22]. Оценка центрального АД у студентов по данным одномоментного определения параметров центральной и периферической гемодинамики при использовании осциллометрического метода позволила установить, что факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний ассоциируются с нарушением жесткости магистральных артерий в виде повышения центрального систолического АД и скорости распространения пульсовой волны [7].

Повышение жесткости (ригидности) магистральных артерий рассматривается как важный аспект патогенеза артериальной гипертензии, начиная с подросткового возраста [17, 26]. Анализ параметров ригидности сосудов на основании одномоментного определения с использованием осциллометрического устройства (Vicorder®) у детей с артериальной гипертензией показал, что у детей с гипертензией «белого халата» центральное систолическое АД было в пределах нормы, в то же время при выраженной артериальной гипертензии (стабильная форма) повышение центрального АД было отмечено в 82,3% случаев. Установлена достоверная корреляция между центральным АД и гипертрофией миокарда левого желудочка (по показателю индекса массы миокарда левого желудочка) [27]. Аналогичные результаты получены в исследовании L. Obrzycki и соавт. [28]. Установлено, что повышение показателя центрального АД (одномоментное определение) выявляется уже в группе детей с предгипертензией, но максимальное повышение этого параметра характерно для подростков со стабильной артериальной гипертензией. Повышение индекса массы миокарда левого желудочка выявляется в группах детей с предгипертензией, гипертензией и выраженной гипертензией. Повышение центрального систолического давления служит независимым предиктором гипертрофии миокарда. Продemonстрировано, что подростки с ожирением и артериальной гипертензией имеют достоверно более высокие значения центрального систолического и диастолического давления, скорости распространения пульсовой волны, что коррелирует с увеличением массы миокарда левого желудочка [29]. В исследовании параметров ригидности сосудистой стенки в группах подростков с артериальной гипертензией и с нор-

мальным АД было показано, что повышение центрального систолического и пульсового давления при артериальной гипертензии не зависит от наличия сопутствующей дислипидемии [30].

Мы не нашли работ с оценкой параметров центрального АД и жесткости сосудистой стенки на фоне суточного мониторирования АД у детей. В нашем исследовании у подростков с артериальной гипертензией выявлены достоверно более высокие значения центрального систолического давления по сравнению с таковым в группе с нормальным АД как в дневные и ночные часы, так и в среднем за сутки. При этом центральное систолическое давление не превышало 95-го перцентилья распределения этого признака для соответствующего пола и возраста [22, 24].

Скорость распространения пульсовой волны, считающаяся наиболее информативным маркером повышенной жесткости артериальной стенки, оказалась достаточно высокой у детей как с повышенным, так и с нормальным АД. Установлены достоверно более высокие значения этого параметра в целом за сутки, а также в дневные и ночные часы в группе с артериальной гипертензией по сравнению с группой с нормальным АД. При анализе суточной динамики данного показателя обращает внимание его значительное снижение в ночные часы по сравнению с дневными. По параметрам времени распространения отраженной пульсовой волны, индексу аугментации, характеризующим увеличение давления в аорте за счет отраженных волн, различий не выявлено. Время распространения отраженной пульсовой волны было значительно меньше ночью по сравнению с дневным периодом. Возможно, это связано как с большей активностью в дневные часы, так и с изменением положения тела с горизонтального на вертикальное. Группа детей с артериальной гипертензией была немногочисленна и представлена 13 подростками, у 10 из которых была выявлена лабильная форма артериальной гипертензии, и лишь у 3 — стабильная форма, что не позволило нам провести анализ показателей жесткости сосудистой стенки в зависимости от тяжести артериальной гипертензии. Мы планируем осуществить данный анализ в дальнейшем по мере увеличения числа обследованных со стабильной артериальной гипертензией.

Корреляции различались в группах в зависимости от исходного значения АД. Так, в группе с артериальной гипертензией скорость распространения пульсовой волны в аорте коррелировала только со значениями диастолического суточного и дневного давления. В то же время у пациентов с нормальным АД скорость распространения пульсовой волны коррелировала с систолическим и пульсовым АД. Индекс аугментации в группе подростков с артериальной гипертензией коррелировал с диастолическим давлением, в отличие от группы с нормальным АД, в которой подобная корреляция не выявлена.

Заключение

Таким образом, определение показателей жесткости магистральных сосудов на фоне суточного мониторирования АД позволяет неинвазивно проводить раннюю диагностику атеросклероза, сопоставляя эти изменения с уровнем АД. Для подростков с артериальной гипертензией по сравнению со сверстниками с нормальным АД и функциональной сердечно-сосудистой патологией, ассоцииро-

ванной с вегетативной дисфункцией, характерны более выраженные изменения жесткости сосудистой стенки в виде увеличения максимальной скорости распространения пульсовой волны и скорости нарастания АД в плечевой артерии, более высоких значений центрального систолического и пульсового давления. Отсутствие изменений индекса аугментации и времени распространения пульсовой волны, вероятно, отражает компенсаторные возможности организма в подростковом возрасте.

ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Azizi M., Burnier M. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. Eur Heart J 2018; 36(10):1953–2041. DOI: 10.1097/HJH.0000000000001940.
2. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В. Артериальная гипертензия в XXI веке: Достижения, проблемы, перспективы. 2-е изд., доп. перераб. М.: Бионика Медиа, 2015; 364. [Kobalava Zh.D., Kotovskaya Ju.V. Achievements, challenges, and prospects. Moscow: Bionika Media, 2015; 364. (in Russ.)]
3. Чазова И.Е., Жернакова Ю.Е. Клинические рекомендации. Диагностика, лечение артериальной гипертензии. Системные гипертензии 2019; 16(1): 6–31. [Chazova I.E., Zhernakova Yu.E. Clinical recommendations. Diagnosis and treatment of arterial hypertension. Systemic hypertension 2019; 16(1): 6–31. (in Russ.)] DOI: 10.26442/2075082X.2019.1.190179
4. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K., Redon J., Zanchetti A., Bohm M. 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). Eur Heart J 2013; 34: 2159–2219. DOI: 10.1093/eurheartj/ehf151
5. Flynn J.T., Kaelber D.C., Baker-Smith C.M., Blowey D., Carroll A.E., Daniels S.R. et al. Clinical Practice Guideline for Screening and Management of High Blood Pressure in Children and Adolescents. Pediatrics 2017; 140(3): e20171904. DOI: 10.1542/peds.2017-1904
6. Дружилев М.А., Отмахов В.В., Бетелева Ю.Е., Корнева В.А., Кузнецова Т.Я. Субклиническое поражение сосудов у нормотензивных пациентов с абдоминальным ожирением: фокус на артериальную жесткость. Системные гипертензии 2013; 10(2): 46–52. [Druzhilov M.A., Otмахov V.V., Beteleva Ju.E., Korneva T.A., Kuznetsova T.Y. Subclinical vascular damage in normotensive patients with abdominal obesity: focus on arterial stiffness. Sistemnye gipertenzii 2013; 10(2): 46–52 (in Russ.)]
7. Евсеева М.Е., Еремин М.В., Ростовцева М.В., Сергеева О.В. Центральное аортальное давление и факторы сердечно-сосудистого риска у студентов в аспекте оптимизации диспансеризации молодежи Российский кардиологический журнал 2015, 6(122): 68–74. [Evseyeva M.E., Eryomin M.V., Rostovtseva M.V., Sergeeva O.V. Central aortic pressure and cardiovascular risk factors assessment in students as a part of the youth screening improvement Russ J Cardiol 2015; 6(122): 68–74. (in Russ.)] DOI: org/10.15829/1560-4071-2015-06-68-74
8. Savant J.D., Furth S.L., Meyers K.E. Arterial Stiffness in Children: Pediatric Measurement and Considerations. Pulse (Basel) 2014; 2(1–4): 69–80. DOI: 10.1159/000374095.
9. Кобалава Ж.Д., Беленков Ю.Н., Джериева И.С., Рапопорт С.И., Волкова Н.И. Метаболический синдром как результат образа жизни. М.: Медицинское информационное агентство, 2015; 240. [Kobalava Zh.D., Belenkov Ju.N., Dzherieva I.S., Rapoport S.I., Volkova N.I. Metabolic syndrome as a result of lifestyle. Moscow: Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2015; 240. (in Russ.)]
10. Панченкова Л.А., Хамидов Х.А., Шелковникова М.А., Юркова Т.Е., Рассудова Н.В., Устинова М.Р., и др. Суточное мониторирование артериальной ригидности у коморбидных больных с сердечно-сосудистой патологией. Казанский медицинский журнал 2016; 1: 5–10. [Panchenkova L.A., Khamidova Kh.A., Shelkovnikova M.O., Yurkova T.E., Rassudova N.V., Ustinova M.R. et al. 24-hour arterial stiffness monitoring in comorbid patients with cardiovascular pathology. Kazanskii meditsinskii zhurnal 2016; 1: 5–10. (in Russ.)] DOI: 10.17750/KMJ2016-5
11. Nilsson P. Vascular age: how can it be determined? What are its clinical applications? Medicographia 2015; 37: 454–460 DOI: 10.3389/fcvm.2020.00006
12. O'Rourke M. Mechanical principles in arterial disease. Hypertension 1995; 26(1): 2–9. DOI: 10.1161/01.HYP.26.1.2
13. Laurent S. Defining vascular aging and cardiovascular risk. J Hypertens 2012; 30 (Suppl 1): S3–S8. DOI: 10.1097/HJH.0b013e328353e501
14. Laurent S., Marais L., Boutouyrie P. The Noninvasive assessment of vascular aging. Can J Cardiol 2016; 32(5): 669–79. DOI: 10.1016/j.cjca.2016.01.039 4]
15. Urbina E.M., Dolan L.M., McCoy C.E., Houry P.R., Daniels S.R., Kimball T.R. Relationship between elevated arterial stiffness and increased left ventricular mass in adolescents and young adults. Pediatrics 2011; 158(5): 715–721. DOI: 10.1016/j.jpeds.2010.12.020
16. Urbina E.M. Abnormalities of vascular structure and function in pediatric hypertension Pediatr Nephrol 2016; 31(7): 1061–1070. DOI: 10.1007/s00467-015-3188-1
17. Уразалина С.Ж., Рогоза А.Н., Балахонова Т.В., Кухарчук В.В., Карпов Ю.А., Бойцов С.А. Роль показателей доклинического поражения артериальной стенки в оценке риска развития сердечно-сосудистых осложнений. Кардиология 2012; 4(12): 53–59. [Urazalina S.Zh., Rogozha A.N., Balakhonova T.V., Kukharchuk V.V., Karpov Yu.A., Boytsov S.A. The contribution of parameters of subclinical artery wall damage in the evaluation of cardiovascular risk. Kardiologiya 2012; 4(12): 53–59. (In Russ.)]
18. Карпов Ю.А. Как предупредить раннее сосудистое старение у пациентов с артериальной гипертензией? Атмосфера. Новости Кардиологии 2016; 3: 2–10. [Karpov Yu.A. How to prevent early vascular aging in patients with arterial hypertension? Atmosfera. Novosti Kardiologii 2016; 3: 2–10. (In Russ.)]
19. Недогода С.В. Эластичность крупных сосудов — новая мишень фармакотерапии. М.: Медиа Медика, 2008; 288. [Nedogoda S.V. The elasticity of major blood vessels — a new target target of pharmacotherapy. Moscow: Media Medika, 2008; 288. (In Russ.)]

20. Александров А.А., Кисляк О.А., Леонтьева И.В. Клинические рекомендации Диагностика, лечение и профилактика артериальной гипертензии у детей и подростков. Системные артериальные гипертензии 2020; 17(2): 7–35. [Alexandrov A.A., Kislyak O.A., Leontieva I.V. Clinical recommendations Diagnosis, treatment and prevention of arterial hypertension in children and adolescents. Sistemnye arterial'nye gipertenzii (Systemic arterial hypertension) 2020; 17(2): 7–35. (In Russ.)] DOI: 10.26442/2075082X.2020.2.200126
21. Müller J., Oberhoffer R., Barta C., Hulpke-Wette M., Hager A. Oscillometric Carotid to Femoral Pulse Wave Velocity Estimated With the Vicorder Device. J Clin Hypertens 2013; 15(3): 176–179. DOI: 10.1111/jch.12045
22. Díaz A., Zócalo Y., Bia D., Fischer E. Reference Intervals of Central Aortic Blood Pressure and Augmentation Index Assessed with an Oscillometric Device in Healthy Children, Adolescents, and Young Adults from Argentina. Int J Hypertens 2018; 2018: 1469651. DOI: org/10.1155/2018/1469651
23. Thurn D., Doyon A., Sözeri B., Bayazit A.K., Canpolat N., Duzova A. et al. Aortic Pulse Wave Velocity in Healthy Children and Adolescents: Reference Values for the Vicorder Device and Modifying Factors. Am J Hypertens 2015; 28(12): 1480–1488. DOI: 10.1093/ajh/hpv048.
24. Elmenhorst J., Hulpke-Wette M., Barta C., Dalla Pozza R., Springer S., Oberhoffer R. Percentiles for central blood pressure and pulse wave velocity in children and adolescents recorded with an oscillometric device. Atherosclerosis 2015; 238(1): 9–16. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2014.11.005.
25. Stoner L., Kucharska-Newton A., Meyer M.L. Cardiometabolic Health and Carotid-Femoral Pulse Wave Velocity in Children: A Systematic Review and Meta-Regression. J Pediatr 2020; 218: 98–105.e3. DOI: 10.1016/j.jpeds.2019.10.065
26. Li E., Hasele E., Chowienzyk P., Sinha M. Haemodynamics of Hypertension in Children. Curr Hypertens Rep 2020; 22: 60. DOI: 10.1007/s11906-020-01044-2
27. Litwin M., Feber J., Ruzicka R. Vascular Aging: Lessons From Pediatric Hypertension. Canad J Cardiol 2016; 32(5): 642–649. DOI: 10.1016/j.cjca.2016.02.064
28. Obrycki Ł., Feber J., Dereziński T., Lewandowska W., Kula-ga Z., Litwin M. Hemodynamic Patterns and Target Organ Damage in Adolescents With Ambulatory Prehypertension Hypertens 2020; 75(3): 826–834. DOI: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.14149
29. Wójtowicz J., Lempicka A., Łuczyński W., Szczepański A., Zomerfeld K., Semeran B., Bossowski A. Central aortic pressure, arterial stiffness and echocardiographic parameters of children with overweight/obesity and arterial hypertension Adv Clin Exp Med 2017; 26(9): 1399–1404. DOI: 10.17219/acem/65485
30. Garcia-Espinosa V., Curcio S., Marotta M., Castro J.M., Arana M., Peluso G. et al. Changes in central aortic pressure levels, wave components and determinants associated with high peripheral blood pressure states in childhood: analysis of hypertensive phenotype. Pediatr Cardiol 2016; 37(7): 1340–50. DOI: org/10.1007/s00246-016-1440-5

Поступила: 28.01.21

Received on: 2021.01.28

Конфликт интересов:

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов и финансовой поддержки, о которых необходимо сообщить.

Conflict of interest:

The authors of this article confirmed the lack of conflict of interest and financial support, which should be reported.