

Оценка показателей периферического и центрального артериального давления, пульсовой волны и артериальной жесткости с использованием одноманжеточного объемного сфигмографа у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями

А.Р. ЗАИРОВА, А.Н. РОГОЗА, Г.И. ХЕЙМЕЦ, В.И. КАМИННАЯ, В.В. КУХАРЧУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. 3-я Черепковская 15а, Москва, 121552, Россия

Резюме

Введение. Объемные сфигмографы рекомендованы МЗ РФ в документе «Стандарт оснащения отделения функциональной диагностики». Однако отсутствуют общепринятые протоколы обследования и рекомендации по интерпретации получаемых данных.

Цель исследования. Изучить особенности оценки периферического и центрального артериального давления (АД), пульсовой волны (ПВ) и артериальной жесткости (АЖ) с использованием одноманжеточного объемного сфигмографа (ООС) у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ) и определить возможный вариант протокола обследования и алгоритм интерпретации получаемых данных для скрининговых исследований.

Материал и методы. Обследовано 42 пациента в возрасте от 25 до 76 ($56,8 \pm 13,9$) лет с гиперхолестеринемией (ГХС) (22 мужчины (52%), 20 женщин (48%)). Атеросклероз коронарных артерий выявлен у 48%, периферических артерий — у 76%, артериальная гипертензия (АГ) — у 45% пациентов. Оценка показателей периферического и центрального АД, ПВ и АЖ проводилась с использованием ООС BPLab Vasotens® Office (ООО «Петр Телегин», г. Нижний Новгород) с регистрацией данных поочередно с правого и левого плеча по двум протоколам.

Результаты. Продемонстрирован широкий диапазон изучаемых показателей у больных ССЗ, их нестабильность, «эффект первого измерения» для систолического АД (САД) и пульсового АД, необходимость серийных измерений для точной оценки значений с определением наличия или отсутствия асимметрии. Показано, что протокол с сокращенным временем исследования может быть использован в качестве оптимального без потери точности результатов.

Заключение. Для оптимальной оценки устойчивых показателей периферического и центрального АД, ПВ и АЖ с использованием ООС у больных ССЗ предложен протокол, заключающийся в поочередной регистрации данных с правого и левого плеча (всего 5–6 раз) без дополнительной паузы между измерениями, с последующим исключением из анализа данных первого измерения, расчетом разницы значений периферического САД между измерениями для определения наличия устойчивой асимметрии и ее значимости и выбором алгоритма итоговой оценки всех изучаемых показателей.

Ключевые слова: сердечно-сосудистые заболевания, функциональная диагностика, объемный сфигмограф, протокол обследования.

Development of an optimal protocol for assessing of peripheral and central blood pressure, pulse wave and arterial stiffness using a single-cuff volumetric sphygmograph in patients with cardiovascular diseases

A.R. ZAIROVA, A.N. ROGOZA, G.I. KHEIMETS, V.I. KAMINNAYA, V.V. KUKHARCHUK

Federal State Budget Organization «National Medical Research Center of Cardiology» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 3rd Cherepkovskaya Str. 15a, Moscow, 121552, Russia

Summary

Introduction. Volumetric sphygmographs are recommended by the Ministry of Healthcare of the Russian Federation in the document “Equipment Standard for the Department of Functional Diagnostics”. However, there are no generally accepted examination protocols and recommendations on the interpretation of the data obtained.

Aim. To study the features of the assessment of peripheral and central blood pressure (BP), pulse wave (PW) and arterial stiffness (AS) using a single-cuff volumetric sphygmograph (SCS) in patients with cardiovascular diseases (CVDs) and to determine a possible variant of the protocol and algorithm for interpreting the received data for screening tests.

Material and methods. 42 patients with hypercholesterolemia from 25 to 76 (56.8 ± 13.9) years old were examined – men 22 (52%), women 20 (48 %): coronary atherosclerosis was detected in 48%, peripheral arteries atherosclerosis in 76%, arterial hypertension (AH) in 45%. The peripheral and central BP, PW, AS indices were evaluated using the BPLabVasotens® Office (Petr Telegin LLC, Nizhny Novgorod) with registration of data alternately from the right and left shoulder according to two protocols.

Results. A wide range of studied parameters in patients with CVDs, instability of these parameters, the "effect of the first measurement" for systolic and pulse BP (SBP and PBP), the need for "serial" measurements for accurate estimation of values and the determination of the presence or absence of asymmetry were demonstrated. It was shown that a protocol with reduced study time can be used as optimal without loss of accuracy of the results.

Conclusion. The protocol for assessing stable indicators of peripheral and central BP, PW and AS using SCS in CVDs patients was proposed. It consists in alternate registration of data from the right and left shoulder (total 5 or 6) without an additional pause between measurements, with the subsequent exclusion from analysis the data of the first measurement, by calculating the difference in the values of the peripheral SBP between the measurements to determine the presence of stable asymmetry and its significance and the choice of the algorithm for the final assessment of all studied parameters.

Keywords: cardiovascular diseases, functional diagnostics, volumetric sphygmograph, examination protocol.

Сведения об авторах:

Заирова Алсу Рафхатовна (автор, ответственный за переписку) — к. м. н., научный сотрудник отдела новых методов диагностики; e-mail: zairova.alsu@rambler.ru; +7 (495) 414-64-17; ORCID: 0000-0001-8800-1160.

Рогоза Анатолий Николаевич — профессор, д. б. н., главный научный сотрудник, руководитель отдела новых методов диагностики; e-mail: anrogoza@gmail.com; +7 (495) 414-63-58; ORCID: 0000-0002-0543-3089.

Хеймец Григорий Иосифович — к. б. н., старший научный сотрудник отдела новых методов диагностики; e-mail: gregorykheimets@gmail.com; +7 (495) 414-64-23; ORCID: 0000-0003-3672-1830.

Кухарчук Валерий Владимирович — член-корр. РАН, профессор, д. м. н., главный научный сотрудник, руководитель отдела проблем атеросклероза; e-mail: v_kukharch@mail.ru; +7 (495) 414-60-57; ORCID: 0000-0002-7028-362X.

Каминная Виолетта Ивановна — к. м. н., младший научный сотрудник отдела проблем атеросклероза; e-mail: kaminnaya_vi@mail.ru; +7 (495) 414-72-53; ORCID: 0000-0003-1511-5719.

Введение

Комплексная инструментальная неинвазивная оценка основных гемодинамических параметров и показателей состояния сосудистой стенки в настоящее время приобретает все большее значение в соответствии с рекомендациями по диагностике и лечению артериальной гипертонии (АГ) для выявления доклинических поражений органов мишеней [1–2], при уточнении степени риска сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и сердечно-сосудистых осложнений (ССО) [3–4], а также при диагностике заболеваний периферических артерий [5]. Способствует развитию этого направления диагностики появление на рынке и внедрение в практическое здравоохранение соответствующих отечественных и зарубежных приборов [6], таких как объемные сфигмографы, которые рекомендованы МЗ РФ в документе «Стандарт оснащения отделения функциональной диагностики» [7].

Объемная сфигмография (греч. *sphugmos* — «пульс, пульсация» + *grapho* — «писать, изображать») — метод исследования гемодинамики и свойств сосудистой стенки, основанный на регистрации с помощью манжет пульсовых волн в кровеносных сосудах при объемных изменениях исследуемого участка тела (верхние и/или нижние конечности), вызванных прохождением пульсовой волны по его артериям. Основными изучаемыми параметрами при объемной сфигмографии являются уровень артериального давления (АД): систолическое (САД), диастолическое (ДАД), среднее АД, пульсовое АД (ПАД), лодыжечно-плечевой индекс САД (ЛПИ), а также расчетные показатели, получаемые при контурном анализе пульсовой волны (ПВ): артериальная жесткость (АЖ), показатели фазового анализа сердечного цикла, значения центрального (аортального) давления, характеристики прямой и отраженной волны и другие [6, 8]. В зависимости от технических характеристик, а также количества манжет (одно-, двух- или многоманжеточные) объемные сфигмографы имеют различные функциональные возможности [6]. В настоящее время достаточ-

но широкое распространение ввиду своей доступности получили одноманжеточные приборы. Работа на них осуществляется в соответствии с прилагаемыми инструкциями, однако на практике возникает достаточно много вопросов, связанных с обоснованным протоколом обследования и интерпретацией получаемых данных.

Целью исследования явилось изучение особенностей оценки показателей периферического и центрального АД, ПВ и АЖ с использованием одноманжеточного объемного сфигмографа (ООС) у больных ССЗ и определение возможного варианта протокола обследования и алгоритма интерпретации получаемых данных для скрининговых исследований.

Материал и методы

Обследовано 42 пациента от 25 до 76 ($56,8 \pm 13,9$) лет с гиперхолестеринемией (ГХС) (мужчин — 22 (52%), женщин — 20 (48%)). У большинства обследованных диагностирован атеросклероз коронарных (20 человек, 48%) и периферических (32, 76%) артерий, АГ — у 19 (45%), в том числе рефрактерная — у 5 (12%) человек, подтвержденная семейная ГХС — у 3 (7%) пациентов. Все больные на момент обследования получали липидснижающую и при необходимости антиангинальную и антигипертензивную терапию.

Оценка показателей периферического и центрального АД, ПВ и АЖ проводилась с использованием отечественного ООС BPLab Vasotens® Office (ООО «Петр Телегин», г. Нижний Новгород), работающего на основе осциллометрического способа регистрации ПВ с плечевой артерии и совмещающего функционал аппарата суточного мониторингирования АД и объемного сфигмографа с контурным анализом ПВ [9]. Автоматизированная обработка данных (программа Vasotens Office) позволяет, кроме оценки показателей частоты сердечных сокращений (ЧСС) и периферического САД (пСАД) и ДАД (пДАД), среднего и пульсового АД (срАД), на основе контурного анализа ПВ

(рис. 1) с помощью специального математического анализа рассчитывать также следующие параметры: RWTT (Reflected Wave Transit Time) — время распространения отраженной волны, PWVao (Pulse wave velocity) — оценочная скорость пульсовой волны (СПВ) в аорте, AIx (Augmentation Index) — периферический индекс аугментации (прироста ПВ), $(dP/dt)_{max}$ — максимальная скорость нарастания давления в аорте, систолическое, диастолическое, среднее, пульсовое давление в аорте САДао, ДАДао, СрДао, ПАДао, AIxao — индекс аугментации в аорте, ED (Ejection Duration) — длительность периода изгнания левого желудочка, PPA (Pulse pressure amplification) — амплификация (усиление) пульсового давления, SEVR (Subendocardial viability ratio) — индекс эффективности субэндокардиального кровотока, сосудистый возраст [10].

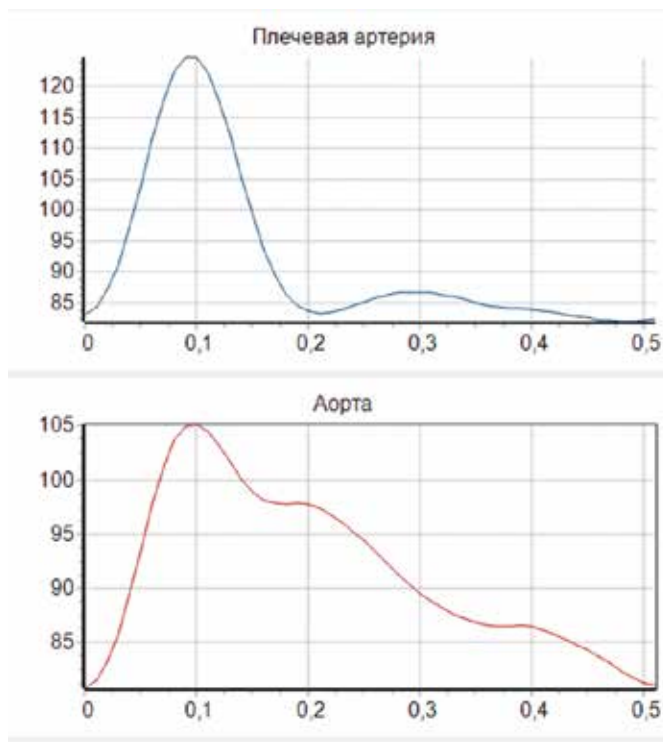


Рисунок 1. Кривая давления (мм рт. ст.) в плечевой артерии (исходная) и в аорте (восстановленная) на экране компьютера в программе Vasotens Office

С целью определения оптимального протокола обследования нами были разработаны и апробированы два варианта. Обследование пациентов проводилось в условиях, рекомендованных для измерения АД, сидя, с поддержкой спины, без скрещивания и напряжения ног, на спокойном дыхании, в комфортной обстановке, после 5 минут отдыха. При последовательных измерениях АД важным является выбор интервала между измерениями, который должен быть не менее 1–2 минут [1–2, 11]. Большие интервалы предполагают оптимальную релаксацию пациента для улучшения диагностики, однако существенно увеличивают общее время обследования.

Протокол №1 (продолженный). Манжета прибора накладывалась поочередно: вначале — на правую руку, потом после регистрации значений справа — сразу же на левую руку с регистрацией значений слева. Затем после паузы (время меж-

ду нажатиями кнопки прибора «Измерить АД» на правой руке составляет 5 минут) осуществлялся следующий цикл измерений справа-слева. Затем следующая пауза, и далее последний (третий) цикл измерений справа-слева. Всего 6 измерений, из них 1, 3, 5-е — справа и 2, 4, 6-е — слева. Общее время обследования составляло 15–17 минут.

Протокол №2 (сокращенный). Манжета прибора накладывалась поочередно: вначале — на правую руку, потом после регистрации значений справа — сразу же на левую руку с регистрацией значений слева. Затем сразу же следуют еще измерения справа-слева, и опять справа-слева с соответствующими переключением манжеты без дополнительной паузы между измерениями. Таким образом, минимально возможная техническая пауза между последующими измерениями на одноименной стороне (на переключении манжеты и программную задержку прибора при расчете показателей) составила 3 минуты. Всего 6 измерений, из них 1, 3, 5-е — справа и 2, 4, 6-е — слева. Общее время обследования при этом снижалось до 9–10 минут.

По протоколу №1 обследовано 17 человек (40%) (1-я подгруппа), по протоколу №2 — 25 пациентов (60%) (2-я подгруппа). Оптимизация работы кабинетов и отделений функциональной диагностики предполагает максимально возможное сокращение времени обследования больных без потери точности результатов [7, 12]. Поэтому перед нами стояла дополнительная задача — показать, что протокол №2 (сокращенный по времени) не уступает протоколу №1 (более продолжительному по времени) по достоверности получаемых результатов.

С помощью программы BPStat были экспортированы и статистически проанализированы следующие показатели: ЧСС, пСАД, пДАД, срАД, ПАД, САДао, AIx, AIxao, RWTT, PWVao, $(dP/dt)_{max}$, ED, PPA, SEVR.

Статистический анализ проведен с применением методов непараметрической статистики. Данные представлены в виде медианы (Me), 25 и 75 перцентилей. При сопоставлении показателей использовались методы Манна — Уитни и Вилкоксона. Относительные изменения показателей представлены на графиках в виде среднего значения и стандартной ошибки среднего ($M \pm SE$). Статистически значимыми считались различия при значении $p < 0,05$.

Результаты

Анализ полученных результатов проводился в два этапа. На первом этапе осуществлена характеристика изучаемых параметров в целом по группе с выявлением общих закономерностей и проведены сравнения двух подгрупп, в которых применялись два протокола исследования. На втором этапе разработаны необходимые алгоритмы обработки данных для оптимального протокола обследования и оценки полученных результатов.

Общая характеристика изучаемых параметров и сравнение подгрупп

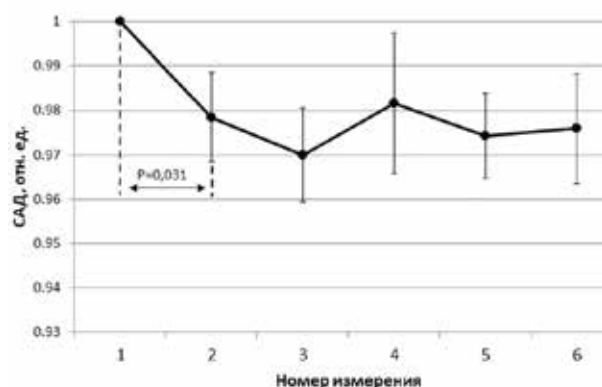
В связи с тем, что группа обследованных больных ССЗ была разнородна как по возрасту, так и по нозологическим формам заболеваний, изучаемые показатели регистрировались в широком диапазоне. Анализ показателей с использованием критерия Шапиро — Уилка не подтвердил нормальность их распределения, и данные в **таблице 1** представлены в виде медианы (Me) с 25 и 75 перцентилиями.

Таблица 1. Зарегистрированные значения изучаемых показателей у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями (n = 42, 252 измерения)

Показатели	Минимальное значение	Максимальное значение	Медиана, 25 и 75 проценти
пСАД, мм рт. ст.	96	241	128 (114; 138)
срАД, мм рт. ст.	69	198	99 (88; 108)
пДАД, мм рт. ст.	54	138	75 (68; 84)
ПАД, мм рт. ст.	15	135	48 (38; 59)
ЧСС, уд./мин	52	88	63 (57; 70)
RWTT, мс	90	240	127 (116; 146)
PWVao, м/с	6,6	18,2	12,4 (10,7; 13,7)
Alx, %	-82	64	-15 (-40; 0)
dp/dt (max) мм рт.ст./с	159	1303	467 (378; 600)
САД _{ао} , мм рт.ст.	93	221	121 (107; 130)
Alx _{ао} , %	-39	83	-9,5 (-25; 24)
PPA, %	110	158	123 (118; 129)
ED, мс	244	548	364 (332; 398)
SEVR, %	33	232	110 (84; 138)

Примечание. пСАД – периферическое систолическое артериальное давление, срАД – среднее артериальное давление, пДАД – периферическое диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, RWTT – время распространения отраженной волны, PWVao – оценочная скорость пульсовой волны в аорте, Alx – периферический индекс аугментации, dp/dt (max) – максимальная скорость нарастания давления в аорте, САД_{ао} – систолическое давление в аорте, Alx_{ао} – индекс аугментации в аорте, PPA – амплификация пульсового давления, ED – длительность периода изгнания левого желудочка, SEVR – индекс эффективности субэндокардиального кровотока, сосудистый возраст

Сравнительный анализ данных больных ССЗ, обследованных по протоколу 1 и по протоколу 2 (подгруппы 1 и 2), представленный в **таблице 2**, продемонстрировал их сопоставимость.

**Рисунок 2.** Динамика относительных (с нормированием на исходную величину) изменений пСАД (А) и пПАД (Б) в общей группе для 6 последовательных измерений ($M \pm SE$)

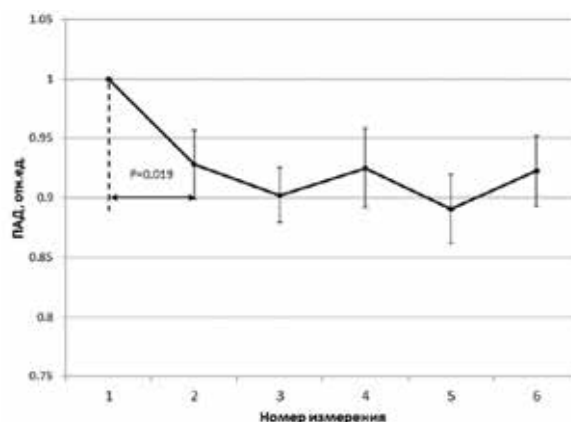
Примечание. пСАД — периферическое систолическое артериальное давление, пПАД — периферическое пульсовое артериальное давление. Анализ асимметрии изучаемых показателей на правой и левой руке проводили путем вычитания значений «справа» от значений «слева», то есть анализу подлежали 5 «разностей»: 2–1, 2–3, 4–3, 4–5, 6–5, где 1, 3, 5 — порядковый номер измерений справа; 2, 4, 6 — слева.

Таблица 2. Сопоставимость подгрупп по возрасту, росту, весу, индексу массы тела и изучаемым показателям (1-е измерение)

Показатели	1-я подгруппа	2-я подгруппа	p
Возраст, лет	57 (52; 67)	63 (47; 69)	0,53
Рост, см	172 (165; 180)	172 (164; 176)	0,50
Вес, кг	83 (70; 102)	85 (75; 91)	0,93
ИМТ, кг/м ²	27,2 (25,1; 32,2)	28,3 (26,4; 31,6)	0,62
пСАД, мм рт. ст.	125 (113; 145)	131 (118; 139)	0,87
срАД, мм рт. ст.	95 (87; 114)	99 (86; 107)	0,79
пДАД, мм рт. ст.	78 (74; 86)	74 (68; 80)	0,23
ПАД, мм рт. ст.	52 (35; 63)	50 (45; 59)	0,86
ЧСС, уд./мин	67 (63; 71)	60 (56; 69)	0,18
RWTT, мс	129 (126; 138)	128 (124; 143)	0,74
PWVao, м/с	12,3 (12; 12,9)	12,4 (10,8; 13,2)	0,94
Alx, %	-25 (-48; 7)	-8 (-28; 10)	0,21
dp/dt (max), мм рт.ст./с	503 (399; 758)	509 (438; 602)	0,95
САД _{ао} , мм рт.ст.	118 (104; 138)	122 (112; 131)	0,78
Alx _{ао} , %	4 (-14; 27)	-1 (-19; 26)	0,71
PPA, %	125 (116; 141)	121 (117; 126)	0,57
ED, мс	337 (304; 360)	349 (328; 379)	0,25
SEVR, %	135 (97; 153)	136 (90; 157)	1,0

Примечание. ИМТ – индекс массы тела, пСАД – периферическое систолическое артериальное давление, срАД – среднее артериальное давление, пДАД – периферическое диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, RWTT – время распространения отраженной волны, PWVao – оценочная скорость пульсовой волны в аорте, Alx – периферический индекс аугментации, dp/dt (max) – максимальная скорость нарастания давления в аорте, САД_{ао} – систолическое давление в аорте, Alx_{ао} – индекс аугментации в аорте, PPA – амплификация пульсового давления, ED – длительность периода изгнания левого желудочка, SEVR – индекс эффективности субэндокардиального кровотока, сосудистый возраст

Анализ динамики относительных изменений изучаемых показателей от измерения к измерению в общей группе продемонстрировал эффект первого измерения [13] для пСАД и периферического ПАД (пПАД), когда значения первого измерения завышены и выпадают из общего ряда, а в последующем наблюдается достаточно хорошая их устойчивость, что отображено на **рисунке 2**.



В таблице 3 данные асимметрии представлены в виде модуля абсолютного значения «разности» «слева» минус «справа» по всем 5 расчетам

Таблица 3. Асимметрия изучаемых показателей в обеих подгруппах

Показатели	Минимум «разности»		Максимум «разности»		Медиана (25 и 75 процентиля) «разности»		p
	1-я п/гр.	2-я п/гр.	1-я п/гр.	2-я п/гр.	1-я п/гр.	2-я п/гр.	
пСАД, мм рт. ст.	0	0	23	43	6 (3,5; 10,5)	5 (2; 11)	н.д.
срАД, мм рт. ст.	0	0	61	37	5 (2; 11)	6 (3; 12)	н.д.
пДАД, мм рт. ст.	0	0	18	14	3 (1; 6)	3 (2; 6,5)	н.д.
ПАД, мм рт. ст.	0	0	20	32	7 (2,5; 12,5)	6 (3; 11)	н.д.
ЧСС, уд./мин	0	0	8	7	1 (1; 3)	1 (1; 2)	н.д.
RWTT, мс	0	0	57	86	6 (0,5; 16,5)	9 (0,5; 19,5)	н.д.
PWVao, м/с	0	0	4,3	5,8	0,6 (0,05; 1,3)	0,7 (0,05; 1,7)	н.д.
AIx, %	0	0	75	80	10 (0,5; 21,5)	8 (1; 17)	н.д.
dP/dt (max), мм рт. ст./с	0	0	402	392	119 (38; 194)	70 (27; 125,5)	0,02
САД _{ао} , мм рт. ст.	0	0	21	37	5 (2; 9)	5 (2; 10)	н.д.
AIx _{ао} , %	0	0	66	58	12 (4,5; 22)	8 (2; 18)	н.д.
PPA, %	0	0	17	12	2 (1; 5)	3 (2; 5)	н.д.
ED, мс	0	0	171	192	12 (4; 26)	16 (5; 33,5)	н.д.
SEVR, %	0	0	128	92	15 (4,5; 39)	22 (7,5; 40,5)	н.д.

Примечание. пСАД – периферическое систолическое артериальное давление, срАД – среднее артериальное давление, пДАД – периферическое диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление, ЧСС – частота сердечных сокращений, RWTT – время распространения отраженной волны, PWVao – оценочная скорость пульсовой волны в аорте, AIx – периферический индекс аугментации, dp/dt (max) – максимальная скорость нарастания давления в аорте, САД_{ао} – систолическое давление в аорте, AIx_{ао} – индекс аугментации в аорте, PPA – амплификация пульсового давления, ED – длительность периода изгнания левого желудочка, SEVR – индекс эффективности субэндокардиального кровотока, сосудистый возраст. Значения «разности» пСАД варьировали от –34 до +43 мм рт. ст. (в среднем $0,078 \pm 10,2$ мм рт. ст., $p < 0,05$). При этом максимальная асимметрия в +43 мм рт. ст. у мужчины 40 лет с ишемической болезнью сердца и АГ зарегистрирована однократно в связи с резким подъемом АД во время 4-го измерения, вероятно, обусловленного психоэмоциональным состоянием больного. У этого же пациента наблюдалось при этом максимальное значение «разницы» по RWTT (+ 86 мс), СПВ аорты (+ 5,8 м/с), AIx аорты (+ 58%). Максимальное по модулю значение асимметрии по пДАД – 18 мм рт. ст. – наблюдалось у пациентки 65 лет с рефрактерной АГ 3-й степени. У этой же пациентки зарегистрировано максимальное значение асимметрии по среднему АД – 61 мм рт. ст. Максимальное значение асимметрии по центральному САД зарегистрировано у другой пациентки с рефрактерной АГ 3-й степени – 21 мм рт. ст.

Анализ показал, что возможны два варианта: однонаправленность асимметрии («разница» с постоянным знаком «+» или «-») и разнонаправленность, когда «разница» имеет знак как «+», так и «-». Только выявление однонаправленной «разницы» в серии

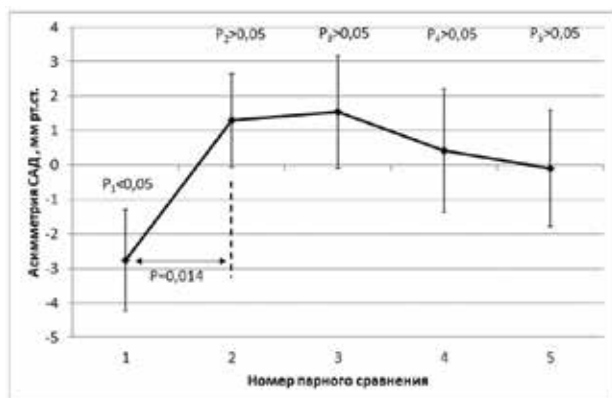


Рисунок 3. Динамика асимметрии пСАД в общей группе (M ± SE)

Примечание. пСАД – периферическое систолическое артериальное давление. По вертикальной оси абсолютные значения «разницы» пСАД «слева» минус «справа» в мм рт. ст., по горизонтальной оси номер пары сравнений: 2–1 (1), 2–3 (2), 4–3 (3), 4–5 (4), 6–5 (5)

измерений расценивается нами как необходимое условие для подтверждения устойчивой асимметрии.

В связи с тем, что абсолютное значение асимметрии по пСАД более 15 мм рт. ст. (в соответствии с европейскими и российскими Рекомендациями по АГ) [1–2, 11], и Рекомендациями по диагностике и лечению заболеваний периферических артерий [5] рассматривается как маркер сосудистого заболевания и сопряжено с повышенным риском смерти, отдельно были проанализированы случаи подобной выраженной асимметрии. Хотя бы однократно она зафиксирована у 11 пациентов (26%). Однако только у одной больной (2%) 73 лет с диагнозом рефрактерной АГ эта выраженная асимметрия регистрировалась устойчиво однонаправленно во всех 5 парах сравнений.

Анализ тренда пяти последовательно получаемых значений асимметрии как в общей группе, так и в обеих подгруппах также подтвердил наличие эффекта первого измерения для пСАД, когда значения «разницы» при первой паре сравнений (2–1) выпадали из общего ряда последующих пар сравнений ($p = 0,014$ и $p > 0,05$ соответственно), что отображено на **рисунке 3**.

Таким образом, проведенный сравнительный анализ данных, полученных по протоколу №1 и протоколу №2, не выявил существенных значимых отличий в эффектах нестабильности,

что позволяет считать возможным применение оптимального по времени протокола №2 у больных ССЗ. С целью дальнейшего сокращения времени обследования может быть использован адаптивный вариант протокола №2, характеризующийся тем, что используются две предварительно наложенные плечевые манжеты и с помощью пневморазъемов обеспечивается их поочередное подключение к прибору ООС. Количество последовательных измерений может быть сокращено с 6 до 5 при определенных условиях регистрации устойчивых показателей. Проведенная оценка показала, что при этом общее время обследования может быть снижено до 7–8 минут.

Итоговый протокол обследования и алгоритм расчета устойчивых показателей имеет следующий вид:

1. Пациент сидит на стуле в комфортной обстановке и отдыхает 5 минут, руки свободно лежат на столе.

2. На оба плеча пациента накладывают пневмоманжеты.

3. Подсоединяют манжету с правого плеча к пневморазъему ООС и проводят регистрацию данных (1-е измерение), после чего отсоединяют манжету от разъема.

4. Подсоединяют манжету с левого плеча к пневморазъему ООС и проводят регистрацию данных (2-е измерение), после чего отсоединяют манжету от разъема.

5. Повторяют п. 3, п. 4., п. 3 (3, 4, 5-е измерение).

6. Рассчитывают разность значений пСАД между 2-м и 3-м, 4-м и 3-м, 4-м и 5-м измерениями (значения справа вычитают от значений слева) и при наличии устойчивой («однонаправленной») асимметрии в трех расчетах (соотношение направленности асимметрии 3:0, то есть во всех парах сравнений пСАД больше с какой-либо одной стороны: слева или справа) подтверждают наличие устойчивой асимметрии и завершают исследование.

7. При выявлении соотношения направленности асимметрии 2:1 (в двух случаях значения пСАД больше с одной стороны, в третьем случае — с другой) или 2:0 (в двух случаях значения пСАД больше с одной стороны, в третьем случае значения пСАД справа и слева равны) проводят дополнительное, 6-е измерение, рассчитывают разность пСАД между 6-м и 5-м измерениями и при итоговом соотношении направленности асимметрии 3:1 или 3:0 подтверждают наличие устойчивой асимметрии и завершают исследование.

8. При подтверждении устойчивой асимметрии в п. 6 и п. 7 определяют ее клиническую значимость: рассчитывают среднее значение для полученных 3–4 значений разности пСАД, и при ее абсолютных значениях ≥ 10 мм рт. ст. делают заключение о наличии у пациента клинически значимой асимметрии САД как дополнительного фактора риска сердечно-сосудистых событий. Итоговые значения пСАД и других показателей во врачебном заключении указывают усредненные со стороны с большими значениями. Всегда усреднение проводится без учета данных первого измерения.

9. При других соотношениях (2:2, 2:0, 2:1:0) после серии из 6 измерений делают заключение об отсутствии устойчивой асимметрии пСАД. Для врачебного заключения все значения пСАД и других показателей с обеих сторон усредняются без учета данных первого измерения.

В итоговом заключении дополнительно могут указываться усредненные значения отдельно для правой и левой стороны.

Однократное использование данного протокола обследования и алгоритма оценки полученных результатов дает возмож-

ность рекомендовать в последующем упрощенный персонализированный вариант оценки параметров АД, пульсовой волны и артериальной жесткости, а также лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) САД для каждого пациента. Так, при выявлении устойчивой асимметрии рекомендуется в последующем трехкратное измерение на стороне с большими значениями, а при отсутствии асимметрии трехкратное измерение на недоминантной руке.

Клинический пример

Больная И., 65 лет, диагноз «гипертоническая болезнь, АГ 3-й степени, атеросклероз периферических артерий».

Таблица 4. Некоторые показатели больной И., зарегистрированные при обследовании с помощью ООС (5 измерений)

Показатели \ Измерения	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
пСАД, мм рт. ст.	180	164	175	160	170
пДАД, мм рт. ст.	98	90	95	90	96
пПАД, мм рт. ст.	82	74	80	70	74
САД _{ао} , мм, рт. ст.	168	155	163	150	161
RWTT, мс	95	105	100	104	102
PWV _{ао} , м/с	13,5	12,7	13,0	12,7	12,9
Разность пСАД, мм рт. ст.	2 – 3 = -11; 4 – 3 = -15; 4 – 5 = -10				

Примечание. пСАД – периферическое систолическое артериальное давление, срАД – среднее артериальное давление, пДАД – периферическое диастолическое артериальное давление, ПАД – пульсовое артериальное давление, САД_{ао} – систолическое давление в аорте, RWTT – время распространения отраженной волны, PWV_{ао} – оценочная скорость пульсовой волны в аорте

В примере, продемонстрированном в **таблице 4**, представлен случай выявления устойчивой значимой асимметрии по пСАД: соотношение направленности асимметрии 3:0 после 5 измерений, в связи с чем констатируется наличие устойчивой асимметрии и 6-е измерение не проводится. Для определения средних значений выбирается правая рука (с большими значениями). Итоговое заключение: по данным исследования, на обеих руках с помощью одноманжеточного объемного сфигмографа выявляется наличие значимой устойчивой асимметрии АД (САД справа больше, чем слева, на 12 мм рт. ст.), то есть определяется дополнительный фактор сердечно-сосудистого риска. В дальнейшем рекомендуется измерение АД и других показателей на правой руке. Средние значения изучаемых показателей: пСАД = 173 мм рт. ст., пДАД = 96 мм рт. ст., пПАД = 77 мм рт. ст., САД_{ао} = 162 мм рт. ст., RWTT = 101 мс, PWV_{ао} = 13,0 м/с. Показатели периферического и центрального АД значительно превышают нормальные значения, жесткость аорты превышает 10 м/с (маркер риска).

В данном случае пациентке дана рекомендация провести дополнительное обследование для выявления причины устойчивой значимой асимметрии САД: УЗИ артерий верхних конечностей и брахиоцефального отдела.

Обсуждение

Предлагаемый протокол обследования больных ССЗ с использованием ООС и изложенный алгоритм анализа получаемых результатов может быть эффективным и доступным способом для комплексной оценки состояния сосудистой стенки и основных параметров гемодинамики как в стационарных, так и в амбулаторных условиях. Оптимизация по времени в сравнении с более пролонгированным вариантом протокола не приводит к статистически значимым изменениям анализируемых показателей. В основе предлагаемого подхода лежат определение наличия асимметрии САД на руках и оценка ее значимости. В соответствии с рекомендациями асимметрия САД ≥ 15 мм рт. ст. расценивается как маркер высокого риска и неблагоприятного прогноза [1, 2, 5, 11]. Доказано, что такая асимметрия тесно связана с периферическими сосудистыми (ОШ 2,5; 95% ДИ 1,6–3,8; специфичность 96%) и цереброваскулярными (ОШ 1,6; 95% ДИ 1,1–2,4; специфичность 93%) заболеваниями, увеличением смертности от ССЗ (ОШ 1,7; 95% ДИ 1,1–2,5) и от всех причин (ОШ 1,6; 95% ДИ 1,1–2,3) [14]. Также показана вероятность развития инсульта у лиц без предшествующего анамнеза ССЗ при наличии асимметрии САД ≥ 15 мм рт. ст. на руках (ОШ 2,42; 95% ДИ 1,27–4,60; $p < 0,01$) [15]. Однако отмечается клиническая и прогностическая значимость и меньших значений асимметрии САД — более или равно 10 мм рт. ст. [14, 16, 17] или даже 5 мм рт. ст. [17, 18]. Во Фрамингемском исследовании, включавшем 3390 участников без ССЗ от 40 лет и старше, в течение наблюдения (в среднем 13,3 года) продемонстрировано, что лица с асимметрией САД ≥ 10 мм рт. ст. имеют больший риск сердечно-сосудистых событий (ССС) (ОШ 1,38; 95% ДИ 1,09–1,75) [16]. У больных с АГ при наблюдении в течение 4,7 (3,3–5,9) лет было показано, что среднее время выживания или развития СССР при наличии асимметрии САД ≥ 10 мм рт. ст. было меньше по сравнению с пациентами, у которых асимметрия САД была менее 10 мм рт. ст. (3,7 (95% ДИ: 3,2–4,2) против 4,8 (95% ДИ: 4,6–5,1) лет; $p < 0,001$; ОШ 2,5 (1,5–4,2), $p = 0,001$) [19]. У лиц с АГ наличие асимметрии САД ≥ 10 мм рт. ст. связано со смертностью от ССЗ (ОШ 2,96; 95% ДИ 1,27–6,88) и от всех причин (ОШ 1,63; 95% ДИ 1,06–2,50) [17]. Аналогичные взаимосвязи выявлены также и у больных сахарным диабетом (СД) [20], заболеваниями почек [21] и цереброваскулярными заболеваниями [22]. Наличие асимметрии САД ≥ 10 мм рт. ст. ассоциировано с подключичным стенозом (ОШ 8,8; 95% ДИ 3,6–21,2) и в целом с периферическими сосудистыми заболеваниями (ОШ 2,4; (1,5–3,9) [14] и снижением ЛПИ $< 0,9$ (ОШ 3,3; (2,1–5,2) [14, 23]. Именно в связи с вышеизложенным в предложенном нами протоколе принято решение критерием клинической значимости выявленной асимметрии САД считать значения ≥ 10 мм рт. ст. По данным метаанализа исследований распространенности асимметрии САД на руках показано, что значения ≥ 10 мм рт. ст. при АГ встречаются в 11,2% случаев (95% ДИ 9,1–13,6), при СД в 7,4% (95% ДИ 5,8–9,2) и в общей популяции взрослого населения — в 3,6% (95% ДИ 2,3–5,0) [24]. При этом указывается, что при поочередном измерении АД происходит переоценка распространенности асимметрии почти в три раза в сравнении с одномоментным измерением на обеих руках (ОШ 2,9; 95% ДИ 2,1–4,1) [24]. Отмечается переоценка асимметрии АД при применении одной пары измерений или при использовании ручных, а не автоматизированных приборов [25]. Во многих работах подчеркивается необходи-

мость аккуратного подхода при определении асимметрии АД на конечностях в связи с частой изменчивостью этого показателя не только от визита к визиту, но и в течение одного визита [26]. В настоящее время оптимальным методом определения асимметрии АД (золотым стандартом) считается одномоментная регистрация АД на конечностях при помощи двух- или многоманжеточных приборов [27]. Но даже при таком подходе, требующем дорогостоящей аппаратуры, необходимы многократные измерения, и чаще всего исследователи используют протокол из серии трех попарных измерений [26, 28]. Однако эксперты отмечают, что на практике при первом визите чаще всего применяют одноманжеточные приборы с поочередным измерением АД на руках [27], и этот подход, несмотря на изменчивость получаемых значений, имеет высокую специфичность, что позволяет исключить наличие значимой асимметрии АД у 80–90 % обследуемых [27]. Таким образом, предлагаемый нами метод определения устойчивой асимметрии при помощи многократного (5–6 раз) поочередного измерения показателей с использованием автоматических ООС является разумным компромиссом в данной ситуации.

Большое число исследований по вопросам асимметрии АД не означает, что ясны все патофизиологические аспекты этого феномена [29]. Продолжается изучение взаимосвязей асимметрии АД с различными факторами риска и признаками поражения сосудистой стенки, в том числе и с повышением АЖ. Продemonстрирована ассоциация наличия асимметрии САД на руках ≥ 10 мм рт. ст. с повышением СПВ плече-лодыжечной [29], СПВ каротидно-фemorальной [29, 30]. Более того, в последние годы выдвинута гипотеза о взаимосвязи между асимметрией АД и асимметрией сосудистой жесткости [29, 31]. В отличие от предшествующей гипотезы, объясняющей наличие выраженной асимметрии САД стенозирующими поражениями артерий, новая гипотеза рассматривает неравномерное повышение АЖ в сосудах конечностей как возможную причину менее выраженных проявлений асимметрии АД, а также изменчивости САД за счет меняющихся тонуса сосудов и показателей пульсовой волны [29, 31]. Таким образом, описанная нами методика комплексной оценки основных устойчивых гемодинамических параметров и показателей состояния сосудистой стенки при помощи ООС с определением асимметрии САД открывает новые возможности и в изучении патогенетических механизмов этого феномена.

Заключение

Для оптимальной оценки устойчивых показателей периферического и центрального АД, пульсовой волны, артериальной жесткости и их асимметрии с использованием одноманжеточного объемного сфигмографа у больных ССЗ предложен протокол обследования, заключающийся в поочередной регистрации данных с правого и левого плеча, с последующим исключением из анализа данных первого измерения, расчетом устойчивой асимметрии САД и определением ее значимости, выбором алгоритма итоговой оценки всех изучаемых показателей. Описанная методика может стать альтернативным вариантом золотому стандарту определения асимметрии АД с помощью малодоступных двух- или многоманжеточных приборов особенно при скрининговых исследованиях.

Конфликт интересов не заявлен.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH) European Heart Journal. 2018;39:3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
2. Чазова И.Е., Жернакова Ю.В. от имени экспертов. Клинические рекомендации. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Системные гипертензии. 2019;16(1):6–31. [Chazova IE, Zhemakova YuV on behalf of the experts. Clinical guidelines. Diagnosis and treatment of arterial hypertension. Systemic Hypertension. 2019;16(1):6–31. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.26442/2075082X.2019.1.190179>
3. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The Sixth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice. Eur Heart J. 2016;37(29):2315–2381. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw106>
4. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал. 2018;23(6):7–122. [Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. Russian Journal of Cardiology. 2018;(6):7–122. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-6-7-122>
5. Рекомендации ЕОК/ЕОХ по диагностике и лечению заболеваний периферических артерий 2017. Российский кардиологический журнал. 2018;23(8):164–221. [2017 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral arterial diseases, in collaboration with the european society for vascular surgery (ESVS). Russian Journal of Cardiology. 2018;(8):164–221. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2018-8-164-221>
6. Заирова А.Р., Рогоза А.Н. «Объемная сфигмография сегодня». Медицинский алфавит. Современная функциональная диагностика. 2018;4(36):8–18. [Zairova AR, Rogozha AN. Volume sphygmography today. Medical alphabet. 2018;4(36):8–18. (In Russ.)].
7. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 26 декабря 2016 г. № 997н «Об утверждении Правил проведения функциональных исследований». Приложение №15 «Стандарт оснащения отделения функциональной диагностики». [Prikaz Ministerstva zdravookhraneniya RF ot 26 dekabrya 2016 g. №997n «Ob utverzhdenii Pravil provedeniya funktsional'nykh issledovaniy». Prilozhenie №15 «Standart osnashcheniya otdeleniya funktsional'noi diagnostiki». (In Russ.)].
8. Милиагин В.А., Милиагина И.В., Абраменкова Н.Ю. Неинвазивные методы исследования магистральных сосудов. Смоленск. 2012. [Milyagin VA, Milyagina IV, Abramenkova NYu. Neinvazivnye metody issledovaniya magistral'nykh sosudov. Smolensk. 2012. (In Russ.)].
9. BPLab. Руководство по эксплуатации. Комплекс программно-аппаратный суточного мониторинга АД «БиПилАБ». 2018 [BPLab. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Kompleks programmo-apparatnyi sutochnogo monitorirovaniya AD «BIPILAB». 2018. (In Russ.)].
10. Технология Vasotens. Современная технология анализа пульсовых волн при осциллометрии. [Tekhnologiya Vasotens. Sovremennaya tekhnologiya analiza pul'sovykh voln pri ostsilometrii. (In Russ.)].
11. Российское кардиологическое общество (РКО). Клинические рекомендации. Артериальная гипертензия у взрослых. 2020. [Rossiiskoe kardiologicheskoe obshchestvo (RKO). Klinicheskie rekomendatsii. Arterial'naya gipertenziya u vzroslykh. 2020. (In Russ.)].
12. Национальное руководство «Функциональная диагностика». М.: Издательская группа «ГЭОТАР-Медиа». 2019. [Natsional'noe Rukovodstvo «Funktsional'naya Diagnostika». M.: Izdatel'skaya Gruppy «Geotar-Media». 2019. (In Russ.)].
13. Рогоза А.Н., Ощепкова Е.В., Цагареишвили Е.В. Современные неинвазивные методы измерения артериального давления для диагностики артериальной гипертензии и оценки эффективности лечения. Часть 2. Метод самоконтроля артериального давления. Атмосфера. Кардиология. 2008;2:10–16. [Rogozha AN, Oshchepkova EV, Tsagareishvili EV. Sovremennye neinvazivnye metody izmereniy aarterial'nogo davleniya dlya diagnostiki arterial'noi gipertonii i otsenki ehfektivnosti lecheniya. Chast' 2. Metod samokontrolya arterial'nogo davleniya. Atmosfera. Kardiologiya. 2008;2:10–16. (In Russ.)].
14. Clark CE, Taylor RS, Shore AC, Ukoumunne OC, Campbell JL. Association of a difference in systolic blood pressure between arms with vascular disease and mortality: a systematic review and meta-analysis. Lancet. 2012;380(9838):218. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)61710-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)61710-8)
15. Tomiyama H, Ohkuma T, Ninomiya T, Mastumoto C, Kario K, Hoshide S, Kita Y, Inoguchi T, Maeda Y, Kohara K, Tabara Y, Nakamura M. Simultaneously Measured Interarm Blood Pressure Difference and Stroke: An Individual Participants Data Meta-Analysis Hypertension. 2018;71:1030–1038. <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.118.10923>
16. Weinberg I, Gona P, O'Donnell CJ, Jaff MR, Murabito JM. The Systolic Blood Pressure Difference Between Arms and Cardiovascular Disease in the Framingham Heart Study. The American Journal of Medicine. 2014;127:209–15. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2013.10.027>
17. Clark CE, Taylor RS, Butcher I, Stewart MC, Price J, Fowkes FG, Shore AC, Campbell JL. Affiliations expand Inter-arm Blood Pressure Difference and Mortality: A Cohort Study in an Asymptomatic Primary Care Population at Elevated Cardiovascular Risk. Br J Gen Pract. 2016;66(646):e297–308. <https://doi.org/10.3399/bjgp16X684949>
18. Clark CE, Thomas D, Llewellyn DJ, Ferrucci L, Bandinelli S, Campbell JL. Systolic inter-arm blood pressure difference and risk of cognitive decline in older people: a cohort study. Br J Gen Pract. 2020;4:bjgp20X709589. <https://doi.org/10.3399/bjgp20X709589>
19. Clark CE, Campbell JL, Powell RJ. The interarm blood pressure difference as predictor of cardiovascular events in patients with hypertension in primary care: cohort study. Journal of Human Hypertension. 2007;21:633–8. <https://doi.org/10.1038/sj.jhh.1002209>
20. Clark CE, Steele AM, Taylor RS, Shore AC, Ukoumunne OC, Campbell JL. Inter-arm blood pressure difference in people with diabetes: measurement and vascular and mortality implications: a cohort study. Diabetes Care. 2014;37:1–8. <https://doi.org/10.2337/dc13-1576>
21. Quiroga B, Galan I, Garcia de Vinuesa S, Goicoechea M, Verdades U, Luno J. Interarm systolic blood pressure as a predictor of cardiovascular events in patients with chronic kidney disease. Nephrol Dial Transplant. 2015;30:801–806. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfv059>
22. Kim J, Song TJ, Song D, Lee HS, Nam CM, Nam HS, Kim YD, Heo JH. Interarm blood pressure difference and mortality in patients with acute ischemic stroke. Neurology. 2013;80:1457–1464. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e31828cf87c>
23. Sheng CS, Liu M, Zeng WF, Huang QF, Li Y, Wang JG. Four-Limb Blood Pressure as Predictors of Mortality in Elderly Chinese. Hypertension. 2013;61:1155–1160. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.111.00969>
24. Clark CE, Taylor RS, Shore AC, Campbell JL. Prevalence of Systolic Inter-Arm Differences in Blood Pressure for Different Primary Care Populations: Systematic Review and Meta-Analysis. Br J Gen Pract. 2016;66(652):e838–e847. <https://doi.org/10.3399/bjgp16X687553>
25. Verberk WJ, Kessels AGH, Thien T. Blood Pressure Measurement Method and Inter-Arm Differences: A Meta-Analysis. Am J Hypertens. 2011;24(11):1201–8. <https://doi.org/10.1038/ajh.2011.125>
26. Vinyoles E, Tafalla M, Robledo V, Marco M, Porta I, Muñoz MA, San-Martin MIF. Interarm blood pressure measurement and the reference-arm assignment variability. Blood Press Monit. 2019;24(5):259–263. <https://doi.org/10.1097/MBP.0000000000000394>
27. Clark CE. Inter-arm Blood Pressure Measurement Needs to Be Practical and Accurate. Am J Hypertens. 2011;24(11):1189–90. <https://doi.org/10.1038/ajh.2011.139>
28. Krogager C1, Laugesen E, Rossen NB, Poulsen PL, Erlandsen M, Hansen KW. Evaluation of interarm blood pressure differences using the MicrolifeWatchBP Office in a clinical setting. Blood Press Monit. 2017;22(3):161–165. <https://doi.org/10.1097/MBP.0000000000000246>
29. Clark CE. The interarm blood pressure difference: Do we know enough yet? J Clin Hypertens (Greenwich). 2017;19(5):462–465. <https://doi.org/10.1111/jch.12982>
30. Canepa M, Milaneschi Y, Ameri P, AlGhatrif M, Leoncini G, Spallarossa P, Pontremoli R, Brunelli C, Strait JB, Lakatta EG, Ferrucci L. Relationship between inter-arm difference in systolic blood pressure and arterial stiffness in community-dwelling older adults. J Clin Hypertens (Greenwich). 2013;15:880–887. <https://doi.org/10.1111/jch.12178>
31. Giles TD. Inter-arm difference in systolic blood pressure—“the plotstiffens.” J Clin Hypertens (Greenwich). 2013;15:878–879. <https://doi.org/10.1111/jch.12193>