

Объемная сфигмография сегодня

А. Р. Заирова, к.м.н., научный сотрудник отдела
А. Н. Рогоза, д.б.н., проф., руководитель отдела

Отдел новых методов диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, г. Москва

Volume sphygmography today

A.R. Zairova, A. N. Rogozha

National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

Резюме

Обзорная статья посвящена методу объемной сфигмографии (сфигмоманометрии). Подчеркивается актуальность применения этого метода в современной функциональной диагностике для комплексной оценки множества важных показателей сердечно-сосудистой системы (артериальное давление (АД), баланс АД, лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ), артериальная жесткость, сосудистый возраст, показатели контурного анализа пульсовой волны). Описаны некоторые отечественные и зарубежные приборы для объемной сфигмографии, приводится их сравнительная характеристика

Ключевые слова: сфигмография, объемная сфигмография (сфигмоманометрия), сфигмограф, артериальная жесткость, лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ), анализ пульсовой волны.

Summary

The review article is devoted to the method of volume sphygmography (cuff based sphygmomanometry). It emphasizes the relevance of this method in modern functional diagnostics for a complex assessment of many important indicators of the cardiovascular system (blood pressure (BP), BP balance, ankle-brachial index (ABI), arterial stiffness, vascular age, parameters of pulse wave analysis (PWA)). Some domestic and foreign devices for volumetric sphygmography are described, their comparative characteristics are given.

Key words: sphygmography, volume sphygmography, «cuff oscillometry», «cuff based sphygmomanometry», sphygmograph, arterial stiffness, ankle-brachial index (ABI), pulse wave analysis (PWA).

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения РФ от 26 декабря 2016 г. № 997н «Об утверждении Правил проведения функциональных исследований» (Приложение № 15), который вступил в силу с 1 июля 2017 года в «Стандарт оснащения отделения функциональной диагностики» входит аппарат для объемной сфигмографии [1].

Историческая справка

Сфигмография (греч. sphugmos пульс, пульсация + grapho писать, изображать) — метод исследования гемодинамики и свойств сосудистой стенки, основанный на регистрации пульсовых волн в кровеносных сосудах. Сфигмография применяется как самостоятельный метод исследования или входит в состав других методик (например, поликардиографии). Немецкий врач Карл фон Фирордта (K. Vierordt) создал в 1855 г. первую модель прибора с записью пульсации артерии. В последующем приборы для регистрации пульса совершенствовались. Признание получили механические сфигмографы французского физиолога Э. Марей (Etienne-Jules Marey) (рис. 1). В начале 20-го века Франк (O. Frank) усовершенствовал технику регистрации артериального пульса и разработал математическую теорию для анализа качества получаемых

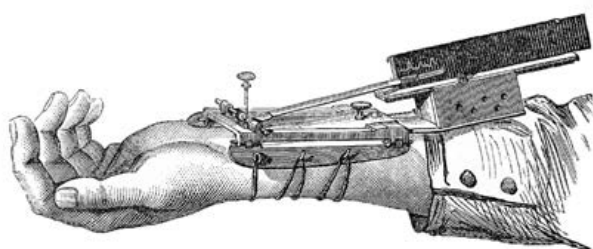


Рисунок 1. Сфигмограф Э. Марей.

сигналов, дал детальную интерпретацию самих сигналов.

Большой вклад в развитие и совершенствование метода сфигмографии в России внесли работы отечественного ученого Савицкого Н. Н. [2], который создал оригинальный, серийно выпускавшийся прибор — механокардиограф, сочетающий в себе различные методы сфигмографии, включая тахоосциллографию (рис. 2).

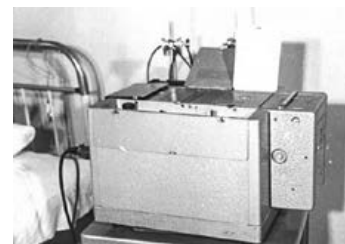


Рисунок 2. Механокардиограф Н. Н. Савицкого

Разновидности сфигмографии

В начале и середине XX века для преобразования локальных и региональных пульсовых изменений кровеносных сосудов и/или напряжения в их стенке, связанных с пульсациями растягивающего давления, преимущественно использовали фотоэлектрические, электромагнитные, пьезокристаллические или тензометрические датчики, а в качестве регистрирующего устройства часто применяли приборы общего назначения, такие как электрокардиограф с чернильной записью. Этот вариант («прямая сфигмография» по В. Л. Карпману, (1963) обеспечивал регистрацию пульсовых колебаний поверхностно расположенных артерий (лучевой, сонной, бедренной). При этом чувствительный датчик устанавливается в определенных точках уверенной пальпации этих артерий. Альтернативная «объемная сфигмография» предполагает регистрацию объемных изменений исследуемого участка тела (плеча, предплечья, бедра или голени), вызванных прохождением пульсовой волны по его артериям. Для регистрации пульсовых изменений

объема применяются датчики и конструкции разных типов и принципов, однако в последние годы популярными стали приборы, в которых роль «датчика» и одновременно «средства воздействия» на сосуды выполняет манжета с пневмокамерой. Поэтому зарубежные авторы для обозначения этого метода используют термины «cuff oscillometry» — манжеточная осциллометрия или «cuff based sphygmomanometry».

Результатом сфигмографии является сфигмограмма — «пульсовая кривая». В зависимости от изучаемых сосудов различают сфигмограмму артериального пульса и венозного пульса — флебосфигмограмму. При этом различают сфигмограмму центрального (сонная и подключичная артерии) и периферического (артерии конечностей) пульса. Основными элементами сфигмограммы являются: восходящая часть кривой — анакрота (соответствует основной части притока крови в сосуд в фазу систолы), вершина (примерное равенство притока крови и ее оттока) и нисходящая часть — катакрота (отток крови преобладает над притоком). Инцизура (вырезка) соответствует окончанию систолы и моменту закрытия аортального клапана. Дикротическая волна (вторичный подъем на нисходящей части кривой) характеризует в норме начало диастолы (рис. 3).

В зависимости от характера сфигмограммы (центральная или периферическая), анатомической области регистрации, физиологических особенностей, а также наличия различных патологических состояний (пороки и заболевания сердца и сосудов) картина пульсовой кривой может существенно меняться.

Анализ формы пульсовой волны с определением характерных точек, участков, амплитуд и других показателей, иногда сопряженный с расчетом «дифференциальных» кривых, получил название «контурный анализ пульсовой волны». В англоязычной литературе его аналогом является сокращение PWA- «pulse wave analysis». В последнее время получил распространение вариант анализа, основанный на выделении двух компонентов пульсовой волны: прямой и отраженной. Определяется соотношение их амплитуд, время прихода отраженной волны и др. показатели, что дает возможность косвенной оценки состояния сосудистой эластичности. Также широко используются методы спектрального анализа сигналов и специальные «передаточные функции», связывающие спектры в различных артериях. Это позволяет регистрируя пульсовую волну на периферии (например, в лучевой или плечевой артерии) рассчитывать пульсовые волны в магистральных артериях, например пульсовую волну в аорте. Этот подход позволил подойти к неинвазивной оценке центрального аортального АД, аортальных показателей отраженной волны и др. показателей. При этом показана хорошая степень совпадения с данными инвазивных измерений этих показателей [3].

Широко применяемый осциллометрический способ измерения АД можно рассматривать как один из вариантов объемной сфигмографии с последующим анализом зависимости амплитуд пульсовой волны от давления в манжете. Анализ пульсовой волны, совмещенный с ЭКГ и ФКГ позволяет проводить фазовый анализ сердечного цикла, оценивать ударный и минутный объем, периферическое сосудистое сопротивление и др. показатели

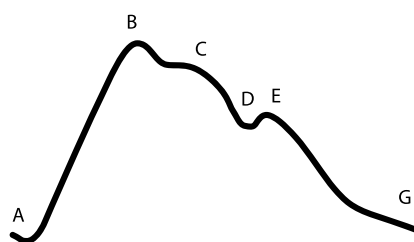


Рисунок 3. Основные элементы сфигмограммы: АВ-анакрота; ВG-катакрота; D-инцизура; E-дикротическая волна; B-вершина прямой; B-вершина отраженной волны.

Регистрация сфигмограммы с двух точек с последующим расчетом скорости пульсовой волны (СПВ) является основным инструментальным методом оценки региональной артериальной жесткости.

Актуальность объемной сфигмографии сегодня

Наиболее значимым для дальнейшего развития и совершенствования метода объемной сфигмографии, а также задачи массового внедрения его в практическое здравоохранение явились научные исследования последних лет, убедительно продемонстрировавшие что доклиническое, бессимптомное поражение сосудистой стенки в виде повышения артериальной жесткости, определяемой по скорости пульсовой волны (СПВ), является независимым предиктором сердечно-сосудистой смертности [4,5]. Более того, было показано, что в сравнении с другими факторами риска (ФР) сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) повышение аортальной жесткости является лучшим предиктором сердечно-сосудистых событий и прогностическая ценность аортальной жесткости сохраняется у лиц с исходно высоким риском ССЗ [6]. Согласно консенсусу экспертов Европейского общества кардиологов «золотым стандартом», повышения артериальной жесткости является значение каротидно-фemorальной СПВ >10 м/с [7]. Экспертами рекомендованы разные методы и аппараты для измерения каротидно-фemorальной СПВ, такие как, например, метод аппланационной тонометрии с использованием прибора SphygmoCor (AtCor Medical PtyLtd., Австралия), применение сфигмографов с двумя механодатчиками в приборе Complior System (Colson, Les Lilas, Франция) и др. [4, 5]. Однако, внедрение этих методик требует специального обучения специалистов и их сертификации, так как в повседневной клинической практике измерение СПВ с наложением датчиков на проекцию сонной и бедренной артерии часто вызывает определенные затруднения особенно у лиц с избыточной массой тела и ожирением из-за сложности регистрации пульсовых волн и определения расстояния между участками регистрации волн [8]. Это приводит к тому, что целесообразность массового применения этих подходов вызывает сомнение.

В связи с этим, предложенный японскими исследователями метод измерения плече-лодыжечной СПВ с наложением двух манжет-датчиков на плечи и лодыжки, оказался более удобным на практике, особенно при массовых обследованиях населения. Тем более, что исследования последних лет доказали, что получаемый при этом показатель «СПВ плече-лодыжечная» не только хорошо коррелирует с аортальной СПВ, но и дополнительно характеризует состояние артерий конечностей и зарекомендовал себя как независимый предиктор неблагоприятных сердечно-сосудистых событий и смертности [9, 10].



Рисунок 4. Комплект датчиков для сфигмографии прибора «Поли-Спектр-СРПВ»: датчик артериального пульса ДАП-1 (с кабелем и лентой); датчик на бедро (с манжетой, манометром и нагнетательной грушей) для регистрации объемной сфигмограммы; датчик на запястье (с манжетой, манометром и нагнетательной грушей) для регистрации объемной сфигмограммы.

Большим преимуществом устройств, основанных на применении манжет — датчиков, объединяющих возможности осциллометрического метода измерения АД и объемной сфигмографии, также является и то обстоятельство, что они дают возможность проводить одновременно комплексную оценку состояния сосудистой стенки и основных параметров гемодинамики: артериальной жесткости и различных показателей артериального давления. Так многоканальная объемная сфигмография в ходе одного исследования дает целостную картину состояния эластических свойств сосудов, баланса артериального давления на конечностях, лодыжечно-плечевого индекса САД с обеих сторон [5, 9, 11].

В настоящее время артериальная жесткость рассматривается как интегральный маркер сердечно-сосудистого риска и оценка её особенно актуальна при оценке общего суммарного сердечно-сосудистого риска у лиц с умеренным риском по шкале SCORE [12, 13]. В последние годы с целью выявления бессимптомных поражений стенки магистральных артерий в европейских и национальных рекомендациях по диагностике и лечению артериальной гипертензии (АГ) рекомендовано определение пульсового АД (ПАД) у лиц пожилого и старческого возраста, каротидно-фemorальной СПВ и лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) систолического давления [14, 15]. При этом повышение ПАД ≥ 60 мм рт. ст., СПВ >10 м/с и снижение ЛПИ $< 0,9$ расцениваются как признаки поражения сосудистой стенки. Традиционные показания к измерению ЛПИ отражены также в отечественных и международных рекомендациях по диагностике и лечению больных с заболеваниями периферических артерий [16], а также в рекомендациях по кардиоваскулярной профилактике [12, 17]. В последние годы получены убедительные данные относительно прогностической значимости разницы САД на правой и левой руке [14].

Таким образом, актуальность применения метода объемной сфигмографии и внедрения соответствующих аппаратов в практическое здравоохранение для комплекс-

ной оценки показателей АД, артериальной жесткости, лодыжечно-плечевого индекса систолического давления, других показателей баланса артериального давления на конечностях, а также для обеспечения контурного анализа пульсовых волн в артериях очевидна.

Приборы для объемной сфигмографии

Отечественные приборы. В настоящее время в РФ на рынке медицинских приборов имеются как отечественные так и зарубежные аппараты для объемной сфигмографии. Из отечественных аппаратов следует отметить «Поли-Спектр-СРПВ» (ООО «Нейрософт», г. Иваново) [18], подключающийся в виде модуля для регистрации и анализа скорости распространения пульсовой волны к любому цифровому электрокардиографу серии Поли-Спектр (рис. 4.).

Аппарат регистрирует пульсовые волны в сонной, лучевой и бедренной артерии используя как объемную, так и прямую сфигмографию.

В приборе заложена автоматическая интерпретация результатов с возможностью ручной корректировки. Использование объемного метода регистрации сфигмограмм бедренной и лучевой артерий позволяет получать воспроизводимые качественные кривые у пациентов разного телосложения. Результатом проведения обследования является заключение, состоящее из изображения кривых кардиограммы и сфигмоволн, таблиц измерений и автоматической интерпретации скорости распространения пульсовой волны по сосудам эластического (по каротидно-фemorальной СПВ) и мышечного типов (по каротидно-радиальной СПВ), а также включающее оценку риска сердечно-сосудистых осложнений в соответствии с Европейскими рекомендациями по диагностике и лечению артериальной гипертензии (рис. 5).

Другой отечественный прибор «ТОНОКАРД» (ООО «АМДТ», г. Москва) [19] укомплектован двумя пневмоманжетами-датчиками для расположения в проекции плечевой артерии и артерий предплечья (лучевой и локтевой). «ТОНОКАРД» позволяет исследовать следующие показатели: уровень САД и ДАД, ЧСС, СПВ на участке плечо- предплечье, функцию эндотелия. Последняя определяется по результатам окклюзионной пробы.

Для измерения СПВ после того, как манжеты закреплены на руке, в компьютер вводится точно измеренное расстояние между ними (L). Время (Δt), за которое пульсовая волна проходит эти расстояния, определяется автоматически. СПВ определяется как отношение $L/\Delta t$.

Для исследования эндотелиальной функции производится исходная запись амплитуды пульсовой волны артерий запястья с последующей компрессией манжетой



Рисунок 5. Проведение исследования на аппарате «Поли-Спектр-СРПВ»: пневмоманжеты на бедре и запястье, датчик пульса на сонной артерии.



Рисунок 6. Аппарат «ТОНОКАРД» на сайте производителя ООО «АМДТ».

плечевой артерии на 3 минуты давлением, превышающим САД на 30–40 мм рт. ст. (проба с реактивной гиперемией) с последующей декомпрессией и измерением амплитуды пульсовой волны артерии запястья. Программное обеспечение позволяет производить расчет всех необходимых параметров в автоматическом режиме с формированием протокола исследования в формате MS Excel.

Из одноманжеточных отечественных аппаратов известен аппарат «BPLab Vasotens® Office» (ООО «Петр Телегин», г. Нижний Новгород) [20]. В нем реализован клинически проверенный осциллометрический способ регистрации пульсовой волны с плечевой артерии, при контурном анализе которой рассчитывается широкий спектр показателей: RWTT-время распространения отраженной волны, PWVao- оценочная СПВ в аорте, периферический индекс аугментации — AIx, максимальная скорость нарастания давления в аорте — (dP/dt)max. Также определяются следующие параметры центральной гемодинамики: систолическое, диастолическое, среднее, пульсовое давление в аорте САДао, ДАДао, СрДао, ПАДао, AIxao- индекс аугментации в аорте, ED — длительность периода изгнания левого желудочка (Ejection Duration), PPA -амплификация пульсового давления -Pulse pressure amplification, SEVR — индекс эффективности субэндокардиального кровотока (Subendocardial viability ratio) и другие параметры гемодинамики. Однако, для определения ЛПИ требуется последовательное наложение манжет на конечности.

Программа «Vasotens» позволяет использование прибора как для разовых измерений указанных показателей, так и рассчитывать их из данных суточного мониторинга СМАД (рис. 7).

Одноманжеточный прибор «АПКО-8-РИЦ-М» (ООО «Компания «Максима»», г. Балашиха) [21] представляет собой автоматический неинвазивный комплекс для экспресс-исследования сердечно-сосудистой системы и использует высокочувствительную компрессионную осциллометрию. При проведении исследования определяются следующие показатели: САД, ДАД, среднее АД, пульсовое АД, сердечный индекс, ударный объем, СПВ, общее периферическое сосудистое сопротивление, податливость артерий (рис. 8). В итоге дается оценка риска сердечно-сосудистых событий. Анализатор выпускается в двух вариантах — стационарном и мобильном и, соответственно, может использоваться как в кабинетах специалистов, так и на выезде.

Зарубежные многоманжеточные сфигмографы. Из зарубежных многоманжеточных сфигмографов в России получили широкое распространение аппараты для объемной сфигмографии производства фирмы Fukuda Denshi (Япония) «VaSera VS 1000» и «VaSera VS 1500» (рис. 9). В ранее выпускавшейся версии «VaSera VS 1000» предполагается работа прибора в качестве сфигмоманометра и сфигмографа. А в версии «VaSera 1500» существует возможность комплектации аппарата блоком регистрации ЭКГ-12 [22,23].

В базовую комплектацию прибора входят 4 манжеты для неинвазивного измерения АД, ЭКГ- электроды



Рисунок 7. Монитор «BPLab» ООО «Петр Телегин», совмещающий функционал СМАД и объемного сфигмографа с контурным анализом.



Рисунок 8. Подключаемый к компьютеру прибор «АПКО-8-РИЦ-М».



Рисунок 9. Сфигмоманометр/сфигмограф «VaSera VS-1500».

и датчик фонокардиограммы. Манжеты от аппарата накладываются на уровне плеча и лодыжек с обеих сторон, ЭКГ-электроды в области запястья справа и слева, датчик фонокардиограммы во втором межреберье слева от грудины. Дополнительно поставляются датчики для регистрации сфигмограмм подколенной артерии и артерий пальцев ноги.

В основном режиме работы первоначально все пневмоманжеты прибора накачиваются до значений давления менее диастолического АД для обеспечения синхронной регистрации пульсовых волны в четырех конечностях. В дальнейшем после автоматического стравливания идет измерение уровня АД на конечностях. Автоматически рассчитываются показатели жесткости сосудистой стенки, контурного анализа, САД, ДАД, среднего АД, пульсового АД на всех 4-х конечностях, а также лодыечно-плечевого индекса ЛПИ (ABI) с обеих сторон. Показателем артериальной жесткости является индекс CAVI- (cardio-ankle vascular index) или сердечно-лодыжечный сосудистый индекс. Он в значительной мере не зависит от уровня АД у пациента в момент проведения исследования и таким

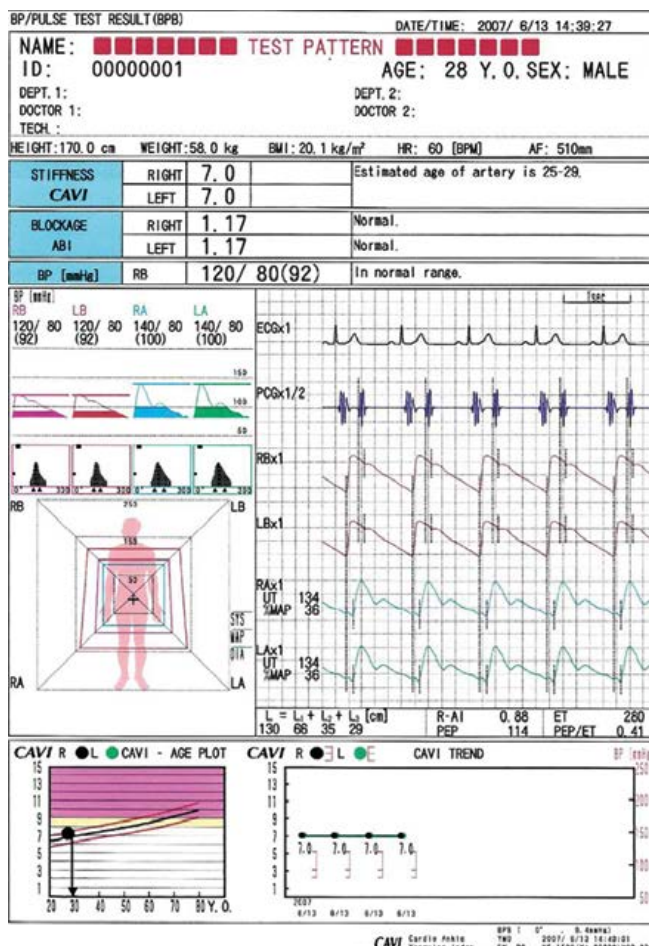


Рисунок 10. Отчет результатов исследования на аппарате «VaSera VS-1500», выполненный на цветном принтере.

Рисунок 11. Прибор «VP1000», Omron Healthcare, Киото, Япония



Рисунок 12. Аппарат «BOSO ABI-SYSTEM 100 PWV», Германия, BOSCH + SOHN GMBH



образом отражает «истинную жесткость» сосудистой стенки [24]. Прибор определяет два основных CAVI: R-CAVI и L-CAVI — это CAVI, рассчитанные исходя из СПВ между клапаном аорты и артериями правой и левой голени. При использовании дополнительно специального коленного датчика в подколенной артерии определяются также R-kCAVI и L-kCAVI — это CAVI между клапаном аорты и правой и левой подколенной артерией. Для расчета этих показателей прибором автоматически определяются СПВ от клапана аорты до артерий правой или левой голени и от клапана аорты до правой или левой подколенной артерии [9,11]. На основе определения CAVI обследуемого и сравнения этого показателя артериальной жесткости со средними возрастными нормативными значениями аппарат выдает заключение о «сосудистом возрасте» обследуемого.

Кроме вышеуказанных показателей артериальной жесткости с использованием дополнительных механо-датчиков, накладываемых на точки пульсации сонной и бедренной артерий имеется возможность получить значения «аортальной СПВ» (аналог каротидно-феморальной СПВ).

Также в режиме «Пульсовая волна пальца» («Toe wave») с помощью специальной манжеты измеряется АД на больших пальцах стоп с последующим вычислением отношения САД на пальце к САД на плече — пальце-плечевого индекса R-TbI (справа) и L-TbI (слева), что помогает диагностировать артериальный стеноз или окклюзию дистальнее лодыжки. Дополнительно определяются показатели, отражающие риск стеноза в результате атеросклероза: UT (время подъема волны) и %MAP (среднее артериальное давление в процентах) и AI (индекс прироста или аугментации). Также прибор дает возможность оценки некоторых показателей фазового анализа сердечного цикла: ET — время изгнания, PEP — время напряжения, PEP/ET.

Результаты измерений можно просмотреть непосредственно на экране прибора и распечатать с помощью встроенного термопринтера или цветного принтера, подключенного через персональный компьютер (рис. 10).

Приборы «VaSera 1000» и «Vasera 1500» активно используются в практическом здравоохранении Японии, других стран Азии, а в последние годы и в Европе [5,9]. В России прибор успешно применен в рамках крупномасштабного многоцентрового исследования ЭСЦЕ — РФ (5 городов, 6000 обследованных) [8,25].

Аналогичный прибор «Vascular Profiler- VP1000», (Omron Healthcare, Киото, Япония) (рис. 11) [26] также японских производителей у нас менее известен и в основном используется в странах Азии. Прибор также имеет 4 осциллометрические манжеты, которые располагаются на обеих руках (в области плеча) и лодыжках для расчета плече-лодыжечной СПВ (плСПВ), ЭКГ- электроды для расположения на запястье и датчик фонокардиограммы, устанавливаемый во 2-м межреберье слева от грудины. Прибор измеряет САД, ДАД, среднее АД, ПАД на 4-х конечностях и рассчитывает ЛПИ.

В основе работы применяемого в России аппарата «BOSO ABI- SYSTEM 100 PWV», (Германия, BOSCH + SOHN GMBH) — также лежит четырехканальная объем-



**НОВОЕ ИМЯ
ПРОВЕРЕННОЕ КАЧЕСТВО
ДОКАЗАННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ АППАРАТУРЫ
ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ФВД и КПНТ**

VYNTUS



МЕДИЦИНСКИЕ СИСТЕМЫ

ОПТИМАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ КЛИНИК ЛЮБОГО МАСШТАБА

www.medsystems.ru

info@medsystems.ru



Рисунок 13. Отчет исследования на аппарате «BOSO ABI-SYSTEM 100 PWV», Германия, BOSCH + SOHN GMBH



Рисунок 14. Внешний вид прибора «iSYMED VascAssist» и проведение исследования.

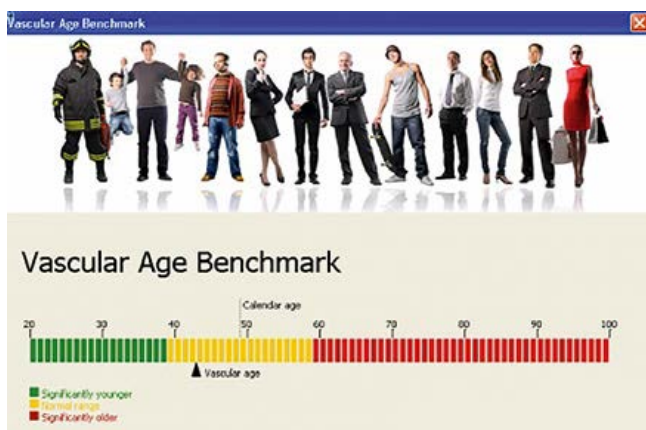


Рисунок 15. Дополнительные возможности «iSYMED VascAssist 2» в оценке биологического возраста, центрального АД и показателей отраженной волны.

ная сфигмография с измерением артериального давления на верхних и нижних конечностях [27].

В зависимости от функциональных возможностей прибор выпускается в двух вариантах исполнения: «BOSO ABI-SYSTEM 100» и «BOSO ABI-SYSTEM 100 PWV» (рис. 12).



Рисунок 16. Прибор «ABPI MD, MESI» (Словения).

Определяются следующие показатели: артериальное давление (систолическое, диастолическое и пульсовое на верхних и нижних конечностях) с определением баланса АД, лодыжечно-плечевой индекс систолического давления, плече-лодыжечная скорость пульсовой волны, каротидно-феморальная скорость пульсовой волны (при наличии дополнительного датчика), частота пульса, детекция нарушений сердечного ритма. Конструктивно прибор состоит из электронного блока, блока питания и компрессионных манжет. Показания измеренного артериального давления индицируются на жидкокристаллических дисплеях и экране монитора (рис. 13).

Еще один четырехманжеточный прибор, производимый в Германии «iSYMED VascAssist» [28] также позволяет одновременно регистрировать сфигмограммы с четырех конечностей с определением уровней САД, ДАД, среднего и пульсового АД, расчетом ЛПИ, плече-лодыжечной скорости пульсовой волны. «iSYMED VascAssist 2» позволяет проводить контурный анализ и определять: центральное АД, индекс аугментации, скорость пульсовой волны в аорте, вариабельность ЧСС, а также биологический возраст с диагностикой синдрома EVA (early vascular aging- раннего сосудистого старения), рис. 14,15.

Аппарат «ABPI MD™- MESI» (Словения) [29] также относится к многоманжеточным сфигмометрам, однако, предназначается только для измерения АД и определения лодыжечно-плечевого индекса. Функция оценки артериальной жесткости по параметру СПВ в стандартную программу прибора пока не заложена. В комплект прибора входит три манжеты — для правого плеча, для правой и левой лодыжки (рис. 16).

Двухманжеточный прибор «Microlife WatchBP Office ABI/ WatchBP Office Central» [30] позволяет одновременно регистрировать сигнал с двух конечностей, измерять САД, ДАД, рассчитывать среднее и пульсовое АД, проводится детекция нарушения сердечного ритма. При этом в зависимости от наложения манжет рассчитывается ЛПИ (при наложении на руке и лодыжке) или же определяется наличие асимметрии АД (при наложении на обеих руках или обеих лодыжках). Вариант прибора «WatchBP Office Central» позволяет дополнительно по контурному анализу плечевой пульсовой волны рассчитывать центральное (аортальное) давление (рис. 17).

Двухманжеточный прибор «iHealth Cardiolab» [31] позволяет одновременно регистрировать сигнал с двух конечностей, измерять САД, ДАД, рассчитывать среднее и пульсовое АД, ЛПИ, сердечный выброс и ударный объем. Данные передаются через систему Bluetooth на экран компьютера (рис. 18).

Зарубежные одноманжеточные приборы

Одноманжеточные аппараты, использующие объемную сфигмографию существуют двух типов. Первый тип — единственная пневмоманжета в комплектации прибора представлена для наложения на конечность с целью совместного применения с датчиком другого типа накладываемого на другую область с последующей регистрацией сфигмограмм с двух участков для оценки СПВ.

Второй тип — единственная пневмоманжета, чаще всего накладываемая на плечо, выступает как в роли манометра для измерения АД так и в роли единственного основного датчика для регистрации пульсовой волны, при контурном анализе которой определяют как показатели центральной гемодинамики и отраженной волны, так и оценочные параметры артериальной жесткости.

Прибор «SphygmoCor» (AtCor Medical, Австралия) [32], снабженный только датчиком для аппланационной тонометрии имеет два основных применения: 1. регистрация пульсовой волны с лучевой артерии на запястье с последующим контурным анализом и; 2. регистрация последовательно сфигмограмм с сонной и бедренной артерии с одновременной регистрацией ЭКГ для расчета каротидно-феморальной СПВ. В настоящее время в новом варианте прибора «SphygmoCor XCEL» применяется дополнительный датчик в виде пневмоманжеты на бедре для синхронной регистрации двух сфигмограмм (рис. 19).

В одномоментном приборе «Arteriograph (Tensiomed)», (Венгрия) [33], для контурного анализа пульсовых волн используется супрасистолический метод регистрации сфигмограмм. Регистрируются микропульсации в окклюзионной манжете, которая накладывается на плечевую артерию. При этом запись микропульсаций давления производится при давлении в манжете, превышающем САД на 35 мм рт.ст., т.е. при кратковременной полной остановке кровотока. Прибор определяет следующие показатели: центральное (аортальное) АД- систолическое, пульсовое (САД_{ао}, ПДА_{ао}), периферическое (плечевое) артериальное давление (САД, ДАД, СрАД, ПД, ЧСС), индекс аугментации (Alx в аорте, Alx в плечевой артерии), скорость распространения пульсовой волны в аорте (СРПВ_{ао}), время возвращения аортальной пульсовой волны (ВВ_{ао}), продолжительность фазы изгнания левого желудочка, систолический и диастолический индекс площади сердечного цикла, площадь диастолического отражения, лодыжечно-плечевой индекс (ABI) (рис. 20).



Рисунок 20. «ARTERIOGRAPH (TENSIO MED)», Венгрия.



Рисунок 21. Аппараты «PulseCon» (Новая Зеландия) и «UsComBP+» (Австралия).



Рисунок 17. Внешний вид прибора «Microlife WatchBP Office ABl» и варианты наложения манжет.



Рисунок 18.
Проведение обследования пациента на «iHealth Cardiolab». Манжеты прибора. Полученные данные на экране компьютера

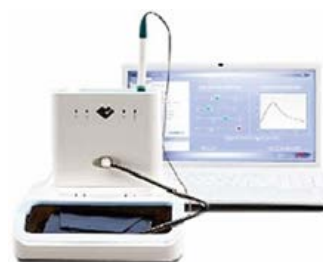


Рисунок 19. Аппарат SphygmoCor XCEL (AtCor Medical, Австралия) с пневмоманжетой.

В Новой Зеландии и Австралии выпускались и выпускаются также основанные на супрасистолическом методе регистрации пульсовой волны приборы «PulseCor» и «UsCom BP+» [34].

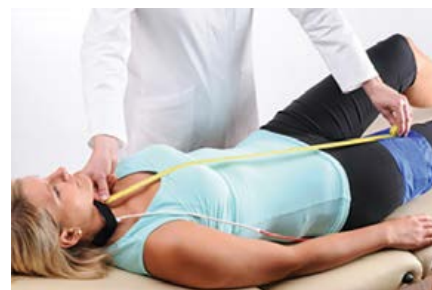
Оба прибора кроме стандартного определения периферического АД и периферического индекса аугментации (AIX) также оценивают центральное (аортальное) АД



Рисунок 22. Аппарат «Mobil-O-Graph» (IEM, Германия).



Рисунок 23. «VICORDER. Vascular Complete model». Исследование каротидно-феморальной СПВ.



и показатели отраженной волны — центральный индекс аугментации (AIX), время возвращения аортальной пульсовой волны и т. д. (рис. 21).

Одноманжеточный прибор «Mobil-O-Graph» (IEM, Германия) [35] оценивает артериальную жесткость методом контурного анализа объемной сфигмограммы, которая регистрируется в течение 10 секунд во время дополнительной накачки манжеты после окончания цикла измерения АД (рис. 22).

Комбинированные аппараты

Универсальный многофункциональный прибор «VICORDER® Cardio-Vascular and Peripheral-Vascular Testing» (SMT medical GmbH & Co. Germany) [36] в зависимости от типа модели: «Vascular Complete model», «Vascular model», «Arterial Stiffness Model», «Pulse Wave Velocity (PWV)» имеет в своей комплектации как две пневмоманжеты для осциллометрии и объемной сфигмографии, так и фотодатчики для фотоплетизмографии, доплеровский датчик. При применении прибора открываются широкие возможности для изучения как параметров центральной гемодинамики: уровень САД, ДАД на двух конечностях, определение ЛПИ, ППИ (пальце-плечевого индекса), асимметрии АД, так и расчет центрального АД, показателей отраженной волны, каротидно-феморальной СПВ, сердечного выброса и ударного объема, а также регистрации кровотока в артериях и венах (рис. 23).

Измерительная станция «AngE ANGIOLOGIC», (SOT Medical Systems) [37] имеет до 8 пневматических манжет для проведения полисегментарной объемной сфигмографии на конечностях, 2 оптических измерительных канала, ЭКГ канал, ультразвуковой доплер. Проводится полностью автоматизированный расчет различных параметров пульсовой волны, в том числе расчет RI (индекс резистентности) и SI (индекс жесткости). Отчет объединяет все важные детали о сосудистом статусе пациента на одной странице: осциллограммы пневматических измерений, импульсная волна осциллограммы оптического импульса, а также доплеровские индексы и тесты венозного клапана (рис. 24).

Более простой аппарат «Vascular Explorer (VAE)», (ENVERDIS, Германия) [38] укомплектован двумя пневмоманжетами и двумя фотоплетизмографическими датчиками (рис. 25).

Определяются показатели: АД (систолическое, диастолическое, среднее, пульсовое) на верхних и нижних конечностях, лодыжечно-плечевой индекс ЛПИ, СПВ плече-лодыжечная, СПВ каротидно-феморальная, СПВ аортальная, центральное (аортальное) АД, центральный и периферический индекс аугментации (AIX), биологический возраст.

Представленный выше обзор отечественных и зарубежных приборов, в основу работы которых заложен метод



Рисунок 24. Внешний вид ангиографической станции «AngE ANGIOLOGIC» и отчет проведенного исследования.

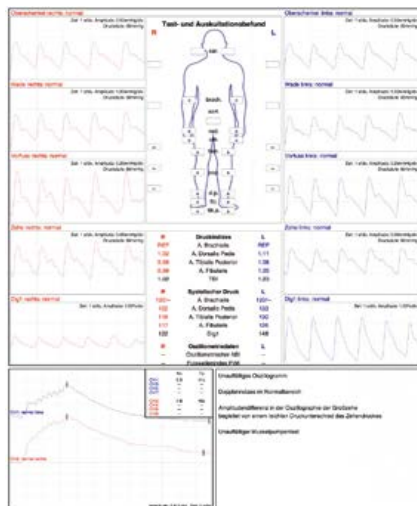


Рис. 25. Аппарат «Vascular Explorer (VAE)», ENVERDIS (Германия).

Таблица 1

Некоторые отечественные и зарубежные приборы объемной сфигмографии (осциллографии) и их основные функциональные возможности

Прибор	Кол-во манжет	АД	Лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ)	Контурный анализ пульсовой волны	Артериальная жесткость
«AngE ANGIOLOGIC» (SOT Medical Systems)	8	+	+	+	+
«VaSera VS 1000 (1500)» Fukuda Denshi	4–5	+	+	+	+
«Vascular Profiler- VP1000» Omron Healthcare	4	+	+	+	+
«BOSO ABI- SYSTEM 100 (PWV)» BOSCH + SOHN GMBH	4	+	+		+
«iSYMED VascAssist (VascAssist 2) »	4	+	+	+	+
«ABPI MD™- MESI»	3	+	+		
«Поли-Спектр-СРПВ» ООО «Нейрософт»	2				+
«ТОНОКАРД» ООО «АМДТ»	2	+			+
«Vascular Explorer (VAE) ENVERDIS»	2	+	+	+	+
«iHealth Cardiolab»	2	+	+	+	
«Microlife WatchBP Office ABI (WatchBP Office Central)»	2	+	+	+	
«VICORDER® Cardio-Vascular and Peripheral-Vascular Testing» SMT medical GmbH & Co	2	+	+	+	+
«BPLab Vasotens» ООО «Петр Телегин»	1	+	+?	+	+
«АПКО-8-РИЦ-М» ООО «Компания «Максима»»	1	+		+	+
«SphygmoCor XCEL» (AtCor Medical,	1			+	+
«ARTERIOGRAPH (TENSIO MED)»	1	+		+	+
«PulseCon» «UsComBP+»	1	+		+	
«Mobil-O-Graph» IEM	1	+	+?	+	+

Примечания: + — исследование проводится; +? — исследование ЛПИ проводится, но последовательным наложением манжеты на конечности.

объемной сфигмографии, позволяет систематизировать описанные приборы по их основным функциональным возможностям в следующей таблице.

Перспективные направления применения метода объемной сфигмографии

Кроме основных функциональных возможностей приборов объемной сфигмографии в определении различных параметров функционирования сердечно-сосудистой системы «в покое» также дополнительно существует широкая возможность проведения «функциональных» тестов. Например, оценка вазомоторной функции эндотелия при проведении пробы с реактивной гиперемией, что уже представлено в некоторых приборах и заявлено в патентах на изобретение [19,36,39]. В целом, имеется возможность широкого применения метода объемной сфигмографии и при других функциональных пробах (фармакологические, пробы с физической нагрузкой, ортопробы и др.).

Учитывая большие диагностические возможности метода объемной сфигмографии, актуальность применения в медицине, законодательные предписания по комплектации отделений функциональной диагностики аппаратами

для объемной сфигмографии, в настоящее время рядом отечественных производителей ведутся работы по созданию отечественного многоканального прибора на основе метода объемной сфигмографии.

Список литературы

1. Приказ Министерства здравоохранения РФ от 26 декабря 2016 г. № 997н "Об утверждении Правил проведения функциональных исследований" Приложение № 15 «Стандарт оснащения отделения функциональной диагностики»
2. Савицкий Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы исследования гемодинамики. Л., «Медицина», 1974.—309 с.
3. Karamanoglu M, O'Rourke MF, Avolio AP, Kelly RP. An analysis of the relationship between central aortic and peripheral upper limb pressure waves in man. Eur Heart J. 1993;14:160–7.
4. Laurent S, Cockcroft J, van Bortel L et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. European Heart Journal. 2006;27:2588–605. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehl254>
5. Васюк Ю. А., Иванова С. В., Школьник Е. Л. и др. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016;15(2):4–19. [Vasyuk YA, Ivanova SV, Shkolnik EL et al. Consensus of Russian experts on the evaluation of arterial stiffness in clinical practice. Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika. 2016;15(2):4–19. (In Russ.).]
6. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of Cardiovascular Events and All-Cause Mortality With Arterial Stiffness. A Systematic Review and Meta-Analysis. J Am Coll Cardiol. 2010;55(13):1318–1327.

7. Van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *Journal of Hypertension*. 2012;30:445–448. <https://doi.org/10.1097/hjh.0b013e32834fa8b0>
8. Рогоза А. Н., Заирова А. Р., Жернакова Ю. В., Ощепкова Е. В. и др. Состояние сосудистой стенки в популяции взрослого населения РФ на примере жителей города Томск по данным исследования ЭССЕ-РФ. Системные гипертензии. 2014;11(4):42–48. [Rogozha AN, Zairova AR, Zhernakova YV, Oshepkova EV et al. Vascular wall in adult population of Tomsk in the framework of the project ESSAY RF. *Sistemnyye gipertenzii*. 2014;11(4):42–48. (In Russ.)].
9. Милиагин В. А., Милиагина И. В., Абраменкова Н. Ю. и др. Неинвазивные методы исследования магистральных сосудов. Смоленск. 2012;182. [Miljagin VA, Miljagina IV, Abramenkova NJu. *Neinvazivnye metody issledovaniya magistral'nyh sosudov*. Smolensk. 2012. (In Russ.)].
10. H. Tomiyama, C. Matsumoto, K. Shiina, A. Yamashina Brachial-Ankle PWV: Current Status and Future Directions as a Useful Marker in the Management of Cardiovascular Disease and/or Cardiovascular Risk Factors. *Journal of atherosclerosis and thrombosis* 23(2) · November 2015.; 1–19. DOI: 10.5551/jat.32979
11. Милиагин В. А., Милиагина И. В., Пурыгина М. А., Осипенкова Т. А. Метод объемной сфигмографии на аппарате VaSera VS-1500 N. Методические рекомендации. Смоленск, 2014; с. 30.
12. European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice. *European Heart Journal*. 2016;7(29):2–78.
13. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал 2018; 23 (6)
14. 2018 ESC / ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology and the European Society of Hypertension. *Journal of Hypertension* 2018, 36:1953–2041
15. Чазова И. Е., Ощепкова Е. В., Жернакова Ю. В. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Клинические рекомендации. Кардиологический вестник. 2015;1:3–30. [Chazova IE, Oshepkova EV, Zhernakova Yu V. *Diagnostics and treatment of arterial hypertension*. Clinical guidelines. *Kardiologicheskii vestnik*. 2015;1:3–30. (In Russ.)].
16. Рекомендации ЕОК/ЕОХ по диагностике и лечению заболеваний периферических артерий 2017. Российский кардиологический журнал 2018; 23 (8). 164–221
17. Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал 2018; 23 (6)
18. <http://www.neurosoft.ru/rus/product/poly-spectrum-pwv/index.aspx>
19. <http://tonocard.ru>
20. <http://www.bplab.ru/arteriograph.html>
21. <https://companymaxima.ru/>
22. <http://fukuda.com/products/vs-1500/>
23. <https://vasera.ru/>
24. Shirai K, Hiruta N, Song M, Kurosaki T et al. Cardio-Ankle Vascular Index(CAVI) as a Novel Indicator of Arterial Stiffness: Theory, Evidence and Perspectives. *J Atheroscler Thromb*. 2011;18(11):924–938. <https://doi.org/10.5551/jat.7716>
25. Заирова А. Р., Рогоза А. Н., Добровольский А. Б., Ощепкова Е. В., Титаева Е. В., Старостин И. В., Панченко Е. П., Трубаева И. А., Серебрякова В. Н., Кавешников В. С., Чазова И. Е., Карпов Р. С. Артериальная жесткость и «сосудистое старение» во взаимосвязи с коагулологическими факторами риска развития сердечно-сосудистых заболеваний, показателями липидного и углеводного обмена в популяции взрослого населения Томска по данным исследования ЭССЕ-РФ (Кардиологический вестник), № 1, 2018, С. 5–15. [Zairova A. R., Rogozha A. N., Dobrovolsky A. B., Oshepkova E. V., Titaeva E. V., Starostin I. V., Panchenko E. P., Trubacheva I. A., Serebryakova V. N., Kaveshnikov V. S., Chazova I. E., Karpov R. S. Arterial stiffness and vascular aging in relation to coagulological CVD risk factors, parameters of lipid and carbohydrate metabolism in adult population of Tomsk in the framework of the project ESSE-RF *Kardiologicheskii vestnik*. 2018;1:5–15. (In Russ.)].
26. http://www.omronhealthcare-ap.com/medical_pro_nvsd_vp-1000p.html
27. <https://www.boso.de/en/home.html>
28. <http://www.vascassist.com/index.php/en/>
29. <http://www.mesimedical.com/abpi-md-device/user-experience/>
30. <https://www.microlife.com/professional-products/watchbp-office/watchbp-office-abpi>
31. <https://ihealthlabs.eu/en/63-ihealth-cardiolab.html>
32. <http://atcormedical.com/healthcare-professionals/products>
33. <http://tensiomed.com/>
34. <http://www.uscom.com.au/>
35. <https://www.iem.de/en/products/mobil-o-graph.html>
36. <https://www.smt-medical.com/en/products/vicordercardio-and-peripheral-vascular-testing.html>
37. <https://www.sot-medical.com/solution/ange-angiologic/>
38. <http://www.enverdis.com/>
39. Рогоза А. Н., Заирова А. Р., Ощепкова Е. В. «Способ оценки вазомоторной функции эндотелия с применением объемной сфигмографии» Патент на изобретение № 2428924.



АПКО-8-РИЦ-М

Неинвазивный анализатор гемодинамики

- Измерение происходит на подъеме давления в манжете
- АД и показатели жесткости сосудистой системы
- Наглядное представление результатов
- Простота использования
- ▶ Усовершенствованная пневмосистема и программа



Производитель:



✉ companymaxima@mail.ru

☎ +7 (499) 681-04-32

📍 143985, МО, г. Балашиха, мкр-н Кузино, ул. Южная, 9

🌐 www.companymaxima.ru