

**Государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Курский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения России**

**Кафедра внутренних болезней ФПО
Кафедра хирургических болезней ФПО**



**Методика измерения жёсткости сосудистой стенки в практике
кардиологического отделения**

**Методические рекомендации для кардиологов, сердечно-сосудистых
хирургов, врачей ультразвуковой и функциональной диагностики,
неврологов, эндокринологов, клинических ординаторов и интернов**

Курск – 2014

УДК: 616.1 (075.8)
ББК: 54.10я 73
М 54

Печатается по решению
редакционно-издательского
совета ГБОУ ВПО КГМУ
Министерства
здравоохранения России

Методика измерения жёсткости сосудистой стенки в практике кардиологического отделения / Методические рекомендации для кардиологов, сердечно-сосудистых хирургов, врачей ультразвуковой и функциональной диагностики, неврологов, эндокринологов, клинических ординаторов и интернов. – Курск: КГМУ, 2014. - 29 с.

Под редакцией:

Заслуженного врача РФ, академика РАЕН, профессора В.А. Лазаренко

Авторский коллектив:

Прибылова Н.Н. - заслуженный врач РФ, академик РАЕН, д.м.н., профессор, зав. кафедрой внутренних болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Прибылов С.А. - д.м.н., профессор, заместитель главного врача по медицинской части БМУ КОКБ.

Степченко А.А. - д.м.н., профессор кафедры внутренних болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Овсянников А.Г. - к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Барбашина Т.А. - к.м.н., доцент кафедры внутренних болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Бобровская Е.А. - к.м.н., доцент кафедры хирургических болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Сорокин А.В. - аспирант кафедры внутренних болезней ФПО ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Рецензент:

Михин В.П. - д.м.н., профессор, зав. кафедрой внутренних болезней №2 ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России.

Рекомендованы к изданию главным внештатным специалистом кардиологом комитета здравоохранения Курской области **Курбаковым Н.Н.**

ISBN 978-5-7487-1670-3

ББК: 54.10я 73
М 54

© Коллектив авторов, КГМУ, 2014

© ГБОУ ВПО КГМУ Министерства здравоохранения России

Содержание

Список сокращений

Введение

Определение понятия сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (CAVI), принципы работы CAVI

Научно-клиническое обоснование оценки CAVI как суррогатного маркера атеросклероза и риска развития сердечно-сосудистых заболеваний

Ишемическая болезнь сердца

Атеросклероз сонных артерий

Дислипидемия

Цереброваскулярная патология

Сахарный диабет

Метаболический синдром и ожирение

Хроническая болезнь почек

Состояния, связанные с патологическим изменением АД

Заболевания респираторной системы

Методика измерения CAVI и клиническая интерпретация

Требования к проведению исследования на аппарате VaSera VS-1500

Измеряемые параметры с помощью прибора VaSera VS-1500

Рекомендации по оценке жёсткости сосудистой стенки в клинической практике

Заключение

Список литературы

Список сокращений

АГ – артериальная гипертония

АД – артериальное давление

ДАД – диастолическое артериальное давление

ИБС – ишемическая болезнь сердца

КИМ – комплекс интима-медиа

ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс

ОКС – острый коронарный синдром

ПАД – пульсовое артериальное давление

ППИ – пальце-плечевой индекс

САД – систолическое артериальное давление

СД – сахарный диабет

СЛСИ – сердечно-лодыжечный сосудистый индекс

СРПВ – скорость распространения пульсовой волны

ССЗ – сердечно-сосудистые заболевания

ХБП – хроническая болезнь почек

ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь лёгких

АВІ – Ankle-Brachial Index

САVI – Cardio-Ankle Vascular Index

ТВІ – Toe-Brachial Index

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются основной причиной смерти и нетрудоспособности в Европе [15] несмотря на наблюдающуюся положительную динамику снижения ССЗ смертности среди всех возрастных групп европейцев. Согласно недавнему отчёту частота смерти среди лиц обоего пола в возрасте до 65 лет, проживающих на территории Российской Федерации, гораздо выше таковой в странах Европы [16]. Относительно низкая степень снижения ССЗ смертности в современной России явилась поводом для запуска эффективных клинических и организационных подходов, призванных изменить функционирование первичного звена здравоохранения [1]. В этой связи, актуальным является использование экономически эффективных и клинически надёжных методик для первичной диагностики ССЗ.

В экспериментальных и клинических исследованиях была показана ключевая роль атеросклероза в развитии и прогрессировании сердечно-сосудистых событий [19]. Кроме хорошо изученных лабораторных и клинических признаков атеросклеротического процесса, артериальная жёсткость напрямую связана с атерогенезом [11] и рассматривается как ранний маркёр оценки степени поражения таких органов как сердце, почки и мозг [17]. Более того, артериальная жёсткость и эндотелиальная дисфункция не просто вовлечены в процесс формирования бляшки, но также поддерживают дальнейшее ремоделирование артерий [20].

Наиболее часто используемыми неинвазивными методами диагностики артериальной жёсткости являются сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (СЛСИ/САVI) и лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ/АВІ). Данные параметры показали доказанную клиническую значимость в диагностике ССЗ, однако САVI обладает большей специфичностью и не зависит от артериального давления (АД) [13, 6].

Определение понятия сердечно-лодыжечного сосудистого индекса (CAVI), принципы работы CAVI

Индекс CAVI отражает жёсткость всего артериального сегмента, состоящего из аорты, бедренной и большеберцовых артерий (**Рисунок 1**, [23]). В этой связи, становится понятной аббревиатура CAVI (Cardio-Ankle Vascular Index или Сердечно-Лодыжечный Сосудистый Индекс, [КАВИ] в русской транскрипции). Данный индекс берет своё начало от так называемого параметра жёсткости β в комбинации с модифицированным уравнением Брамвелла-Хилла [24], оценивающим связь между скоростью распространения пульсовой волны (СПВ) и эластичностью сосудистой стенки. Теоретически оценка АД должна проводиться на каждом участке артериального русла от начала аорты до большеберцовой артерии. Проблема заключается в том, что АД увеличивается от корня аорты до бедренной артерии и снижается на участке от бедренной артерии к периферическим артериям. Условно, среднее давление всего артериального сегмента может быть использовано в определении жёсткости. Рассматривая CAVI, в измерении применяются показатели среднего АД плечевой артерии. Кроме того, в CAVI заложены основы параметра жёсткости β , определяемого как отношение натурального логарифма давления ($\ln(P_s/P_d)$) к степени изменения внутреннего диаметра ($D/\Delta D$) сосуда. Известно, что этот параметр не зависит от внутреннего давления, и чем выше β , тем ниже растяжимость, и больше сосудистая жёсткость.

Целый ряд крупных исследований показал достоверную корреляцию индекса жёсткости β аорты и сердечно-лодыжечного сосудистого индекса [26], а также независимость показателей CAVI от артериального давления на фоне приёма β_1 -адреноблокаторов [25]. Наблюдаемые свойства CAVI позволяют эффективно оценить влияние контролируемого АД на состояние артериального русла.

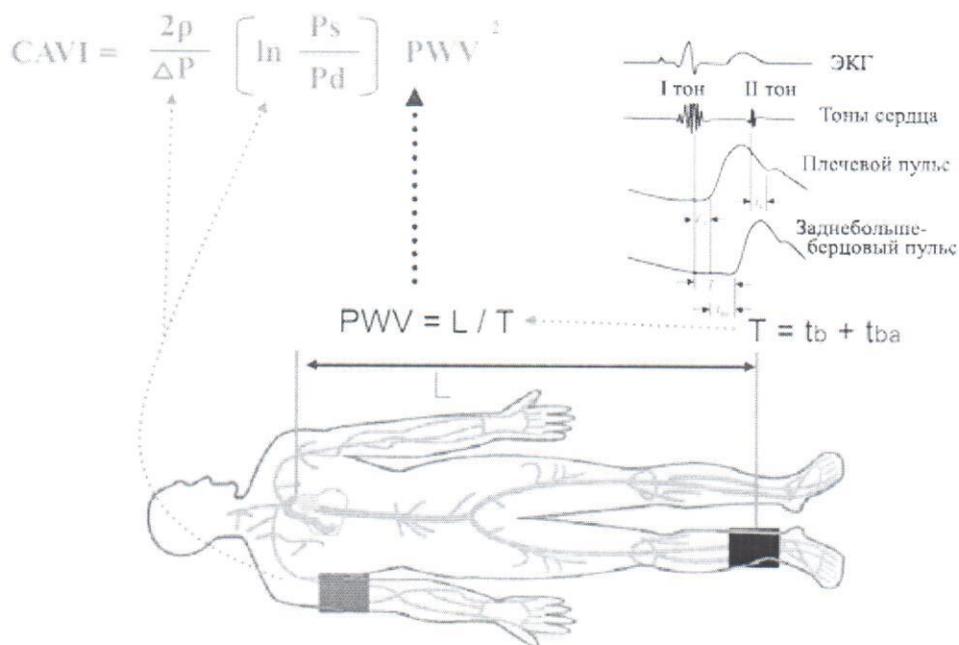


Рисунок 1. Методика измерения CAVI [23]. Скорость пульсовой волны определяется на участке от основания сердца до лодыжки путём измерения длины от корня аорты до лодыжки и расчёта $T = t_b + t_{ba}$. Артериальное давление определяется на плечевой артерии.

P_s : систолическое артериальное давление, P_d : диастолическое артериальное давление, PWV : скорость пульсовой волны, ΔP : $P_s - P_d$, ρ : вязкость крови, ΔP : пульсовое давление, L : длина от корня аорты до лодыжки, T : время, за которое пульсовая волна проходит расстояние от аортального клапана до лодыжки, t_{ba} : время между началом прироста плечевого пульса и лодыжечного пульса, t_b : время между тоном закрытия аортального клапана и зазубриной плечевой пульсовой волны, t'_b : время между тоном открытия аортального клапана и ростом плечевой пульсовой волны.

Научно-клиническое обоснование оценки CAVI как суррогатного маркёра атеросклероза и риска развития сердечно-сосудистых заболеваний

Показатель CAVI позволяет количественно оценить целый ряд клинических состояний, имеющих, прежде всего атеросклеротический компонент, например, почечная недостаточность и ишемическая болезнь сердца (ИБС). Также CAVI может служить достоверным индикатором проводимого медикаментозного лечения и изменения факторов образа жизни, таких как отказ от курения и диета. В целом, клинические характеристики могут быть представлены следующим образом:

- Показывает идентичные характеристики, подобные СПВ на аорте;
- Отображает жёсткость сосудов независимо от АД;
- Позволяет оценить сосудистый возраст;
- Оцениваемые показатели просты в интерпретации и высоко воспроизводимы;
- Позволяет количественно оценить атеросклеротический процесс разной степени выраженности;
- Позволяет контролировать динамику лечения и эффективность изменения образа жизни;
- Экономически эффективен

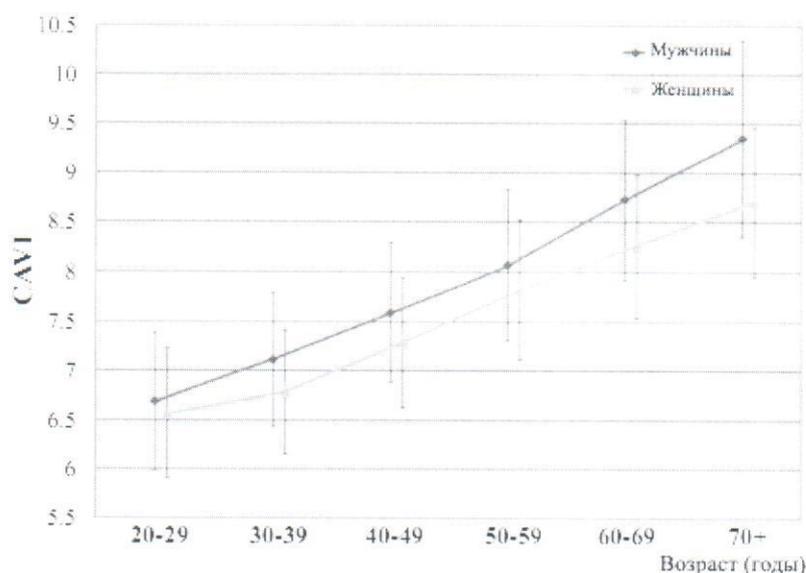


Рисунок 2. Показатели САVI в зависимости от пола и возраста [14].

Значения САVI увеличиваются практически линейно в возрасте от 20 до 70 лет у мужчин и женщин на 0.5 в течение 10 лет. Значения САVI мужчин выше таковых у женщин во всех возрастных группах.

Для определения референтных значений САVI в Японии было проведено крупное клиническое исследование здоровых лиц [14]. Значения САVI увеличиваются практически линейно в возрасте от 20 до 70 лет у мужчин и женщин на 0.5 в течение 10 лет. Значения САVI мужчин выше таковых у женщин во всех возрастных группах (**Рисунок 2**). Пограничным уровнем САVI для диагностики ИБС считается значение 9.0, определенное в японской популяции [5] (**Таблица 1**). Тем не менее, следует помнить о межпопуляционных различиях в определении референтных значений [29], показано повышение показателя САVI в европейской популяции в сравнении

с азиатской выборкой в группе здоровых индивидов [9]. Результаты клинических исследований показали целый ряд состояний, приводящих к изменению CAVI, наиболее значимые представлены на **Рисунке 3**.

Таблица 1. Референтные значения CAVI

$9.0 \leq \text{CAVI}$	Возможный атеросклероз
$8.0 \leq \text{CAVI} < 9.0$	Пограничный показатель
$\text{CAVI} < 8.0$	Норма

Показатели CAVI здоровых лиц могут быть спрогнозированы исходя из их пола и возраста. Исходя из прогнозируемых значений истинного показателя CAVI, можно определить так называемый сосудистый возраст каждого пациента. В широком смысле, сосудистый возраст представляет собой сумму физиологического возраста и возраста при патологии, которые меняются при артериальной гипертонии, сахарном диабете, гиперхолестеринемии, гипертрофии миокарда левого желудочка, хронической болезни почек и гиперурикемии. В этой связи, регулярная оценка сосудистого возраста с помощью CAVI в клинической практике помогает спрогнозировать и предотвратить развитие возможных ССЗ.

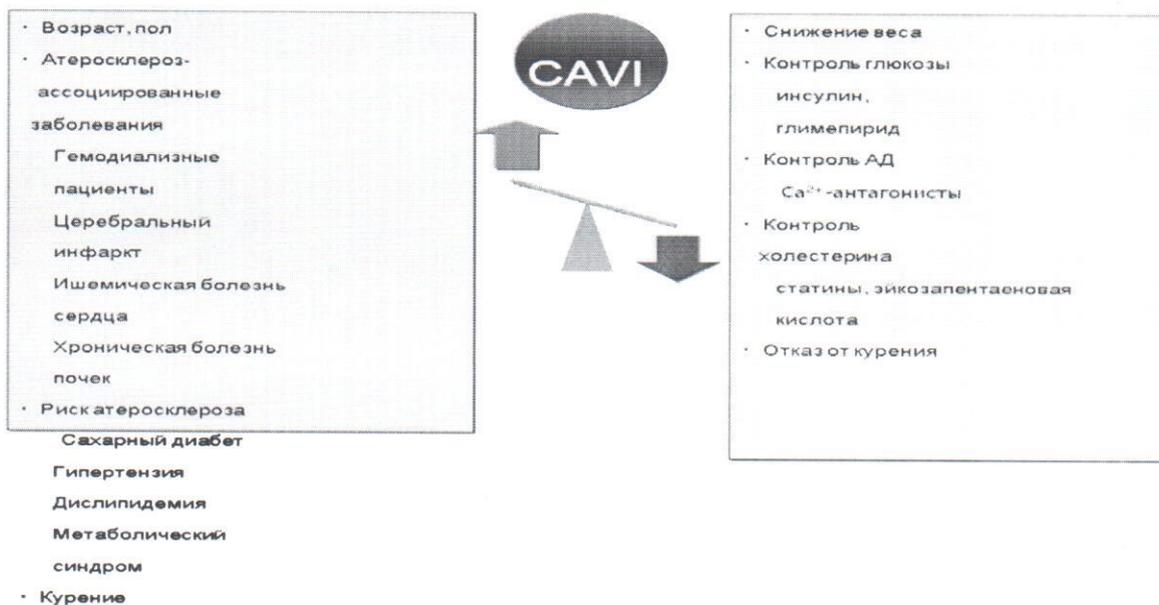
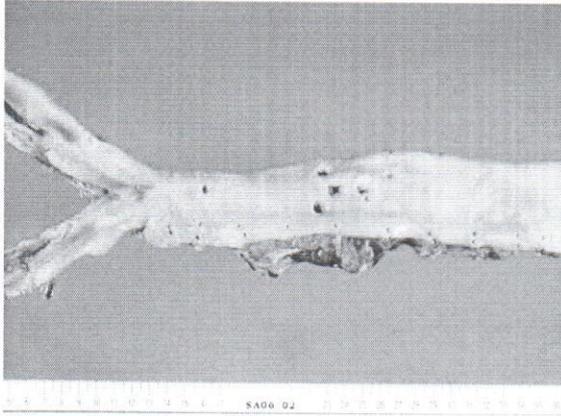
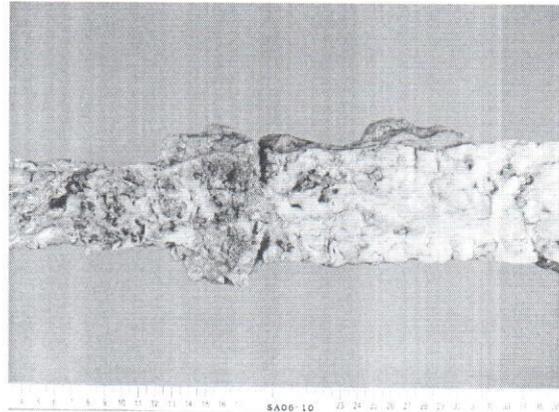


Рисунок 3. Факторы, ассоциированные с CAVI. Ишемическая болезнь сердца

Уровень CAVI отображает степень выраженности коронарного атеросклероза у пациентов с установленной ИБС. Кроме того, он является независимым параметром, положительно ассоциированным с индексом коронарного кальция и степенью стеноза коронарных артерий, что важно в диагностике асимптоматичных пациентов с изменённым уровнем глюкозы [18] (**Рисунок 4**). Клиническая значимость использования CAVI в оценке пациентов с ИБС также подтверждается его независимой ассоциацией с индексом Syntax, широко используемым для прогнозирования исходов у пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС). Кроме того, сравнение эффективности оценки СПВ на плече-лодыжечном артериальном сегменте и CAVI выявило клиническую целесообразность последнего, в связи со значимой корреляцией CAVI и функцией левого желудочка, а также липидным профилем сыворотки.



CAVI = 7.3



CAVI = 11.0

Рисунок 4. CAVI двух аорт с разной выраженностью атеросклероза [22].

Атеросклероз сонных артерий

Ряд исследователей показал значимую корреляцию CAVI с показателем комплекса интима-медиа (КИМ) [12]. Более того, комбинированная оценка CAVI и КИМ является диагностически предпочтительней в прогнозе церебрального тромбоза у пациентов с атеросклерозом.

Дислипидемия

Уровень CAVI существенно коррелировал с концентрацией ЛПНП плазмы пациентов со стенокардией [27]. Также значение CAVI увеличивалось при гиперхолестеринемии и гипертриглицеридемии у мужчин (30-69 лет) и женщин (40-75 лет) в сравнении с группой не имевших факторов риска развития ССЗ [8]. Свою эффективность CAVI продемонстрировал при оценке лечения пациентов с СД 2 типа статином, а также омега-3 полиненасыщенными жирными кислотами, а именно эйкозапентаеновой кислотой.

Цереброваскулярная патология

Оценка CAVI при цереброваскулярной патологии не может определить степень выраженности заболевания как такового, но способна диагностировать патологию интракраниальных сосудов на стадии субклинических проявлений. Кроме того, CAVI служит независимым маркёром, ассоциированным с церебральными микрокровоизлияниями у

пациентов с острым ишемическим инсультом [21], а также положительно коррелирует с немой ишемией мозга. У асимптомных пациентов молодого возраста с поражением церебральных сосудов малого диаметра индекс САVI существенно ассоциировался со степенью внутримозгового поражения. Таким образом, хотя САVI отображает изменения артериального русла на отрезке от корня аорты до лодыжки, дополнительная оценка данного параметра может стать эффективным дополнением к формированию прогноза для пациентов с инсультом после интенсивной реабилитации.

Сахарный диабет

Оценка САVI является более чувствительной в сравнении с измерением СПВ плече-лодыжечного артериального сегмента у пациентов с СД в ходе динамического контроля течения заболевания. Также, САVI позволяет диагностировать диабет-ассоциированные осложнения. Например, диабетическая периферическая нейропатия сопровождалась изменением повышенных значений САVI без значимых различий в показателях КИМ сонных артерий [7]. Более того, повышенное значение САVI коррелировало с уровнем микроальбуминурии, АД, общим холестерином, вч-СРБ, амилоидом А, сиаловой кислотой и фибриногеном у пациентов СД 2 типа, подтверждая возможность использования САVI как маркера диагностики микрососудистых осложнений СД, а также ассоциированного воспалительного компонента, определяющего прогноз атеросклеротических осложнений у данной категории пациентов.

Метаболический синдром и ожирение

Ряд клинических исследований показал взаимосвязь сердечно-лодыжечного сосудистого индекса с окружностью живота и рядом других компонентов метаболического синдрома [10]. Диагностическая эффективность САVI позволяет также оценить терапевтический эффект диеты на сосудистый возраст пациента и состояние артериального русла.

Хроническая болезнь почек

ССЗ являются основной причиной смерти пациентов с хронической болезнью почек (ХБП), диктуя, таким образом, необходимость контроля состояния артериального русла. Однако, точность используемых привычных

неинвазивных оценочных методик, таких как СПВ, компрометируется повышенным АД у пациентов с поражением почек. В этой связи, САVI является методом выбора для определения не только артериальной жёсткости, но и состояния всего артериального русла, т.к. не зависит от колебаний АД. Исследование пациентов на гемодиализе определило пороговую величину САVI в 7.55 для данной категории лиц [28]. Таким образом, САVI является скрининговым параметром для определения степени выраженности атеросклероза и подбора адекватной терапии у пациентов с ХБП.

Состояния, связанные с патологическим изменением АД

Хотя показатель САVI не зависит от АД, определение его значений играет ключевую роль при артериальной гипертензии (АГ). Повышенный уровень АД приводит к целому ряду патофизиологических изменений системного характера, главным образом затрагивая сосудистую функцию. Определение САVI в этих условиях позволяет оценить эффективность проводимой медикаментозной терапии, например, показана динамика изменения САVI на фоне приёма целого ряда антигипертензивных препаратов (блокаторы кальциевых каналов, ингибиторы ангиотензинконвертирующего фермента, антагонисты рецепторов ангиотензина II, тиазидные диуретики, α - и β -блокаторы). Следует отметить, что уровень снижения АД не всегда сопровождается снижением САVI, что ещё раз подчёркивает его специфичность и прогностическую эффективность.

Накопленные в последние годы данные показали, что давление в плечевой артерии, особенно систолическое, способно существенно превышать таковые в восходящем отделе аорты, поэтому давление, определённое на плечевой артерии, не способно должным образом характеризовать уровень АД в других сосудистых бассейнах. Также, значение АД в плечевой артерии не всегда адекватно оценивает эффективность антигипертензивной терапии и прогноз больных с ССЗ. Наиболее полную информацию в этих условиях можно получить при одновременном измерении АД в бассейнах верхних и нижних конечностей [2].

Определяемый в комбинации с САVI метод баланса АД позволяет диагностировать **коарктацию аорты**, когда повышаются уровни систолического и пульсового АД в проксимальной части большого круга (сосуды верхних конечностей, головного мозга и сердца) с одновременным

снижением САД в дистальной части артериальной системы (нисходящая грудная аорта, брюшная аорта с её ветвями и артерии нижних конечностей). Таким образом, наблюдается повышение САД и ПАД на руках и снижение САД и ПАД на ногах.

При наличии патологических образований на верхних конечностях возможна асимметрия АД на руках. В ряде случаев асимметрия САД на руках помогает диагностировать признаки **неспецифического аортоартериита**. При данном состоянии наблюдается разный уровень АД на правой и левой руках, с преобладанием более низкого уровня САД на правой руке. При сужении аорты проксимальнее отхождения левой подключичной артерии выявляется более низкий уровень АД на нижних конечностях со снижением лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ).

Сравнительный анализ уровней АД позволяет также выявить **ложную изолированную систолическую артериальную гипертонию молодого возраста**. Данное состояние сопровождается увеличением САД ≥ 140 мм рт.ст. на плечевых артериях, более низким уровнем САД на голених, чем на руках и увеличением пульсового АД только на руках с нормальным уровнем ДАД во всех сосудистых бассейнах.

Таким образом, метод определения уровней АД в комбинации с САVI позволяет добиться ранней диагностики начальной стадии артериальной гипертонии и ряда атеросклерознезависимых состояний, оценить динамику изменения АД на фоне медикаментозного лечения, а также эффективно определить влияние используемых терапевтических средств на состояние сосудистого русла.

Заболевания респираторной системы

Поражение сердечно-сосудистой системы чаще всего носит сочетанный многофакторный характер. Известно, что воспаление, является ключевым триггером, участвующим в атерогенезе, равно как и в прогрессировании респираторных заболеваний, прежде всего хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ). В этой связи, в недавнем клиническом исследовании проводилась оценка значимости САVI у пациентов с ХОБЛ [4]. Было показано, что увеличенная сосудистая жёсткость, оценённая с помощью САVI, ассоциировалась со степенью выраженности ХОБЛ и коррелировала с изменением респираторных показателей (ОФВ₁).

Данное наблюдение подчёркивает чувствительность и специфичность показателя CAVI, а также важность оценки при заболеваниях, воздействующих на компоненты сосудистой стенки и изменяющих сердечно-сосудистый прогноз обозначенной категории пациентов.

Методика измерения CAVI и клиническая интерпретация

На сегодняшний день единственным медицинским прибором способным измерить сердечно-лодыжечный сосудистый индекс является разработка японской компании Fukuda Denshi (г. Токио), носящая название VaSera VS-1500. Данное устройство представляет собой портативный сфигмоманометр, напоминающий по виду и размерам ЭКГ аппарат с LCD дисплеем, 34 см (ширина) x 34 см (длина) и 11 см (высота), весом 8 кг. VS-1500 предназначен для диагностики артерио- и атеросклероза путём измерения множества показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой системы.

Требования к проведению исследования на аппарате VaSera VS-1500

Исследование на аппарате VaSera VS-1500 проводится в тихой комнате, в положении пациента лёжа, после 10-минутного отдыха. Во время проведения измерений пациент должен быть расслаблен и не должен двигаться и разговаривать. Также необходимо учитывать одежду пациента, закатывание свитера выше наложения манжеты может привести к сдавливанию плечевой артерии и неправильной интерпретации результатов. В целом, дополнительные факторы, которые необходимо учитывать при проведении исследования, представлены в **Таблице 2**.

Противопоказания для проведения исследования:

- нарушения ритма;
- клапанные пороки сердца;
- опасность тромбозов или нарушения периферической циркуляции во время сжатия манжет (ранний послеоперационный период у пациентов с шунтирующими операциями на нижних конечностях);
- выраженные отёки на нижних конечностях, препятствующие наложению манжет

Таблица 2. Ключевые моменты, на которые следует обратить внимание при проведении исследования САVI

Ключевые моменты	Пути решения, объяснение
Плохо определяется пульсовая волна	Использовать входящие в комплект специальные пуфики, подкладываемые под верхние и нижние конечности
Не проводить исследование в течение 20-30 минут после курения пациента	Генерализованный спазм сосудов приводит к получению ложных результатов
Следить за состоянием пациента во время исследования	<ul style="list-style-type: none"> - Значения САVI уменьшаются, если пациент засыпает входе процедуры - Запись ФКГ может быть нарушена при разговоре - Активные движения пациента нарушают интерпретацию результатов
Предпочтительно, если пациент дышит спокойно, через нос	Активный выдох через рот может также нарушить ФКГ запись
Кушетка, на которой проводится исследование, должна соответствовать росту и весу пациента	Узкая кушетка приводит к чрезмерному напряжению пациента и сдавливанию манжет для измерения АД, что нарушает получение адекватных результатов
Подбор адекватных манжет для измерения АД	Использование слишком тугих манжет приводит к увеличению показателей АД и неправильной интерпретации САVI. В комплекте с прибором идёт набор манжет как на плечо, так и на голень, что позволяет проводить измерение не только у взрослых, но и детей
Объективно заниженный показатель САVI, невозможность визуализировать правильную пульсовую волну на плече / голени	Слишком свободное наложение манжет приводит данным результатам, между манжетой и конечностью пациента не должно быть крупных зазоров
Воздушные шланги, соединяющие манжеты и прибор, не должны перегибаться или сдавливаться	Использование специального крепления в комплекте прибора помогает решить данную проблему
Сложно визуализировать II тон ФКГ	- Проверить правильность дыхания

	<p>пациента и хорошее сцепление микрофона с кожей (типичная позиция для ФКГ микрофона – 2 межреберье слева от грудины)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Для пациентов с избыточной массой тела, следует переместить микрофон на грудину на 1 межреберье вверх - У пациентов с повышенным волосяным покровом требуется дополнительно закрепить микрофон медицинским пластырем для лучшего прилегания к коже
Наличие звуковых артефактов (“шума”) на ФКГ записи и невозможность получить должную пульсовую волну	<p>Проверить базовые рекомендации по проведению исследования и нажать на кнопку “P-UP”, что вызовет дополнительное нагнетание давления в манжеты и формирование требуемой пульсовой волны</p>

Измеряемы параметры с помощью прибора VaSera VS-1500

Аппарат VaSera VS-1500 располагает тремя режимами регистрации пульсовых волн и АД: «Основной», «СПВ аорты» и «СПВ большого пальца стопы».

В «Основном» режиме с помощью манжет, накладываемых на плечи и голени, ЭКГ-датчиков и микрофона ФКГ регистрируются показатели САVI, АД и ЛПИ на обеих конечностях. При просмотре результатов исследования или при печати данных можно использовать функцию АД-баланса для графического отображения баланса АД. При выборе режима «СПВ аорты» на пациента дополнительно накладываются аморфные датчики регистрации пульсации на сонной и бедренной артериях. Для регистрации в режиме «СПВ большого пальца стопы» кроме стандартных манжет для измерения АД, ЭКГ-электродов и микрофона ФКГ требуется наложить специальные манжеты для измерения АД на больших пальцах стоп.

Результаты измерений можно просмотреть непосредственно на LCD дисплее прибора или распечатать при помощи встроенного термопринтера, или подключенного цветного принтера (**Рисунок 5, 6**). В памяти прибора можно сохранить до 3500 исследований, либо перенести интересующие результаты на персональный компьютер с дальнейшей обработкой параметров в среде специальной программной среды VaSera(R) Data Management Software program (Fukuda Denshi Company, Ltd, Токио, Япония). Важно, что данная программа позволяет представить все записанные результаты в виде электронных таблиц Microsoft Excel, а также сохранить интересующие графические файлы (форма волн, баланс АД, детальный отчёт и др.) в виде .jpg рисунков.

Также, в аппарате VaSera VS-1500 предусмотрена возможность записи 12-канальной ЭКГ, регистрации ЭКГ в течение 3 минут для диагностики аритмий, проведения стресс-теста, что расширяет функциональный потенциал прибора.

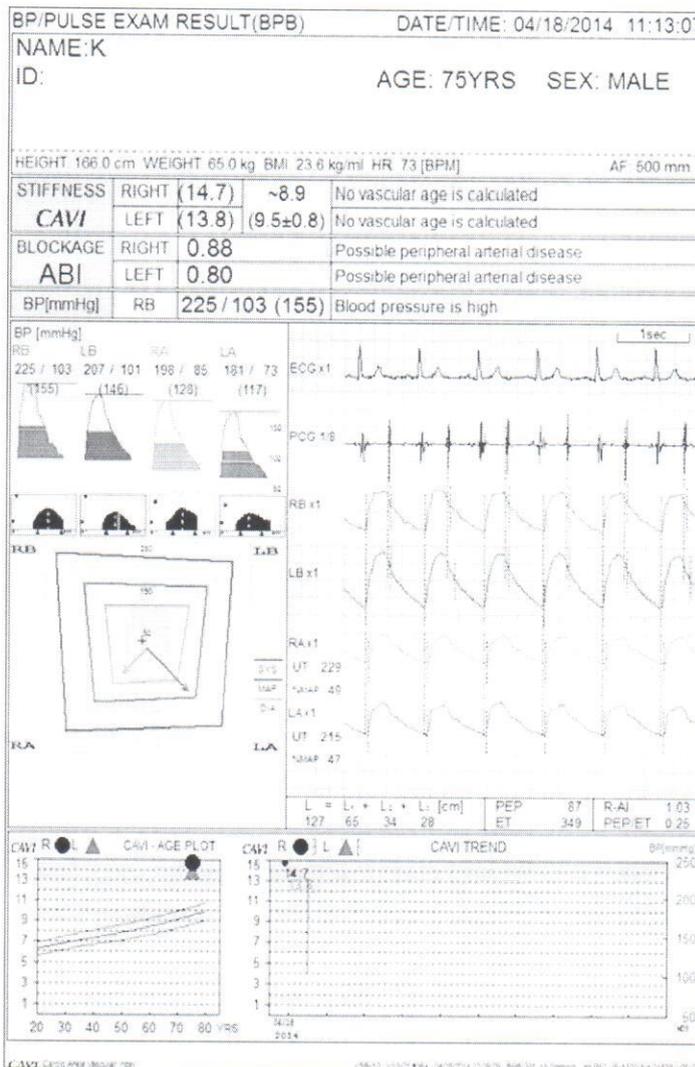


Рисунок 5. Результат оценки индексов CAVI и ABI у пациента с коронарным и периферическим атеросклерозом и сопутствующей диабетической ангиопатией. Печать на внешнем цветном принтере.

Помимо обозначенных параметров, которые можно оценить в совокупности с CAVI, важным дополнением является автоматическая оценка **лодыжечно-плечевого индекса** (ЛПИ или **ABI = Ankle-Brachial Index**). Данный показатель представляет собой отношение систолического АД на голени (a. tibialis posterior + a. dorsalis pedis) к систолическому АД на плече (a. brachialis). Результаты тестирования прибора соответствуют стандартам АСС/АНА 2005 года и TASC II (Классификация поражения периферических артерий) 2007 года (**Таблица 3**). Метод одновременного измерения АД в бассейнах верхних и нижних конечностей позволяет диагностировать атеросклеротическое поражение сосудов нижних конечностей.

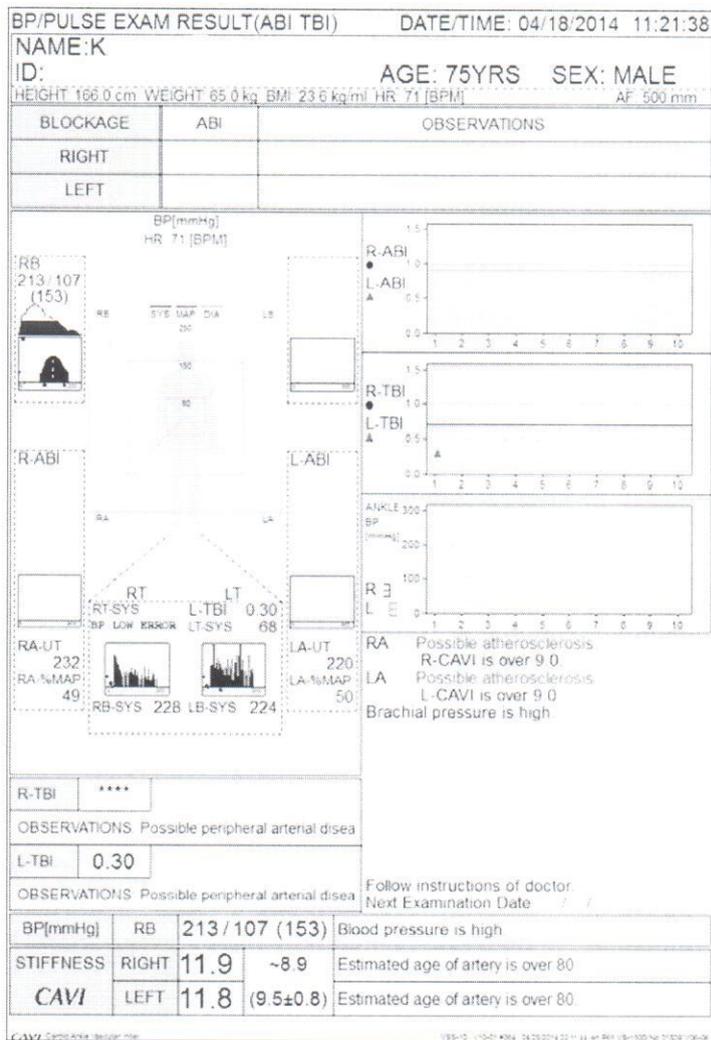


Рисунок 6. Результат оценки индексов CAVI и TBI у пациента с периферическим атеросклерозом и сопутствующей диабетической ангиопатией. Печать на внешнем цветном принтере.

Следует отметить, что измерение ЛПИ в комбинации с CAVI у пациентов с ИБС, приводило к дополнительному выявлению атеросклероза нижних конечностей [3]. Однако показатели CAVI могут быть занижены при наличии у пациента облитерирующих заболеваний нижних конечностей, что обуславливает необходимость комбинированного анализа с результатами ЛПИ и ППИ для объективного заключения. Также, значения ЛПИ зависят от ряда следующих факторов:

- Рост (у высоких людей ЛПИ ↑)
- Возраст (↑)
- Пол (♀ ↓) (♂ ↑)

Этническая принадлежность (афроамериканцы ↑)

Пациенты с

СД (ЛПИ N или ↑, кальциноз артерий)

Терминальной почечной недостаточностью ↑

Возможность измерения ЛПИ в динамике с помощью VaSera VS-1500 позволяет определить прогноз для пациента с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей или синдромом диабетической стопы. Показано, что снижение ЛПИ на каждые 0.15, при ЛПИ ≤ 0.90 , увеличивает 7-летний риск ампутации у пациентов с СД. Однако, ЛПИ не может быть самостоятельно использован для оценки динамики у пациентов после реваскуляризации.

Таблица 3. Референтные значения ЛПИ.

У пациентов без клинических проявлений	
1.0 – 1.29	Норма
0.91 – 0.99	Пограничный показатель
0.71 – 0.90	Мягкая степень
0.41 – 0.70	Средняя степень
< 0.40	Тяжёлая степень
У пациентов с клиническими проявлениями поражения нижних конечностей	
< 0.90	Пограничный показатель
> 0.90	Имеется подозрение на поражение артерий н/к необходимо проведение пост-нагрузочного измерения ЛПИ
> 1.40	Необходимо измерение пальце-плечевого индекса (ППИ)

В «Расширенном» режиме с помощью специальных манжет можно определить АД на больших пальцах стоп с последующим вычислением **пальце-плечевого индекса** (ППИ или TBI = Toe-Brachial Index). ППИ представляет собой соотношение САД на большом пальце стопы к САД на плече (**Таблица 4**). Важность данного параметра заключается в том, что с его

помощью можно получить информацию об истинном состоянии периферического кровообращения, прежде всего, у пациентов с синдромом диабетической стопы. Сахарный диабет приводит к кальцинозу крупных артерий нижних конечностей и, как следствие, даёт ложные результаты при определении ЛПИ. В свою очередь, ППИ измеряет периферическую микроциркуляцию на артериях малого диаметра, подверженных в меньшей степени кальцинозу и отображающих истинное состояние сосудистой функции, что может быть эффективно использовано как в терапевтической, так и хирургической практике.

Ниже представлены особенности подготовки пациента и проведения исследования:

Подготовка пациента

- Исключение физической нагрузки перед исследованием
- Исключение курения и кофеина за 2-3 часа до исследования
- Избегание охлаждения конечностей перед исследованием
- Положение пациента на спине с фиксированными конечностями
- В течение 10-15 минут пациент должен спокойно лежать на спине
- Оптимальные условия среды – 19-22°C, тёплое полотенце на ноги

Манжеты

- Необходим индивидуальный подбор манжет в зависимости от объёма большого пальца
- Манжеты следует накладывать прямым захватом избегая спиралевидный захват
- Открытые дефекты ткани должны быть предварительно изолированы непроницаемыми материалами для предотвращения контаминирования
- В случае имеющегося сосудистого шунта может возрастать риск тромбоза при наложении манжеты дистальнее (Класс III, C)

Таблица 4. Референтные значения ППИ.

> 0.70	Норма
0.50-0.70	Лёгкая степень (при синдроме перемежающейся хромоты)
0.35-0.50	Средняя степень (при язвенных дефектах и боли в н.к. в покое)

< 0.35	Тяжёлая
Давление на большом пальце > 30 мм рт.ст. является критерием возможности потенциального восстановления пульсации на н/к	

В дополнение к уже описанным показателям аппарат VaSera VS-1500 также определяет ряд вспомогательных параметров, интерпретация которых, проводится в комбинации с основными индексами.

UT (время подъёма волны) – показатель, отражающий риск стеноза при атеросклерозе. При стенозе или окклюзии артерий подъём пульсовой волны становится более отлогим, что приводит к увеличению UT. Величина $UT > 180$ мс является признаком окклюзии артерий, особенно при одностороннем увеличении этого показателя.

%МАР (среднее артериальное давление в процентах) – показатель, отражающий остроту пульсовой волны и увеличивающийся при наличии стеноза или окклюзии ($\%МАР > 40\%$).

AI (индекс прироста или аугментации) – отношение ударной волны, возникающей во время увеличения давления в аорте, к отражённой волне, регистрируемой на сонной артерии и плечах во время систолы. Увеличение AI характерно для целого ряда ССЗ и положительно коррелирует с прогнозом для поражения органов-мишеней при атеросклерозе.

ЕТ – время изгнания, представляет собой время между началом открытия аортального клапана и его закрытием. Увеличение ЕТ сопровождается снижением функции сердца.

РЕР – время напряжения, представляет собой время между началом зубца Q на ЭКГ и II тоном на ФКГ. Отражает сократительную функцию сердца.

РЕР/ЕТ – повышается при ослаблении систолической функции левого желудочка, венозного притока и наоборот – снижается при увеличении венозного притока, стенозе аортального клапан.

Рекомендации по оценке жёсткости сосудистой стенки в клинической практике

Согласно действующим рекомендациям Европейского общества кардиологов по профилактике ССЗ (2012 г.) и лечению артериальной гипертензии (2013 г.), а также Национальным рекомендациям по

кардиоваскулярной профилактике (2011 г.) лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ) является легко воспроизводимым методом обнаружения асимптомного течения атеросклероз-ассоциированных состояний. Благодаря его чувствительности (79%) и специфичности, ЛПИ < 0.9 считается надёжным маркёром периферического заболевания артерий. Тем не менее, эксперты подчёркивают необходимость дополнительной оценки жёсткости сосудистой стенки с помощью высокоинформативных методик. Важность данного положения обусловлена тем, что «показатели жёсткости сосудистой стенки помогают в стратификации пациентов». Увеличение показателей жёсткости артерий обычно связано с повреждением стенки артерий, что особенно часто встречается у пациентов с артериальной гипертонией. «Значительная часть пациентов промежуточного риска может быть отнесена в категорию высокого или низкого сердечно-сосудистого риска после измерения артериальной жёсткости». Стратификация риска обуславливает выбор тактики дальнейшего ведения пациента, а мониторинг показателей жёсткости помогает добиться адекватного лечения антигипертензивными показателями.

В рекомендациях Европейского общества кардиологов по ведению пациентов с диабетом, предиабетом и сердечно-сосудистыми заболеваниями (2013 г.) и Национальным рекомендациям по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (2010 г.) говорится о важности своевременной и точной диагностики периферического заболевания артерий в разных сосудистых бассейнах. «Обзор состояния всего артериального русла с оценкой смежных симптомов окклюзии является ключевым этапом в диагностике и лечении пациентов с сахарным диабетом».

В рекомендациях Европейского общества кардиологов по ведению пациентов со стабильной ИБС (2013 г.) также отмечено, что для улучшения диагностики, особенно у пациентов с асимптомным течением ИБС, следует оценивать ЛПИ, а также показатели жёсткости сосудистой стенки для выявления признаков коморбидной патологии.

Помимо параметров жёсткости сосудистой стенки, аппарат VaSera VS-1500 автоматически оценивает САД и ДАД на верхних и нижних конечностях, определяет сосудистый возраст пациента исходя из ростовых показателей, а также наглядно отображает области наличия стенозов/окклюзий в функции баланса АД. Определение данных параметров нашло своё отражение в Национальных рекомендациях по профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в детском и подростковом возрасте (2012 г.), в разделе, посвящённом скрининговым осмотрам молодого населения.

Категории лиц, которым требуется оценка артериальной жёсткости, представлены в **Таблице 5**.

Таблица 5. Категории лиц, которым показано определение САVI.

Категория лиц	Уровень проведения обследования	Частота проведения исследования
<i>Здоровые индивиды:</i>		
Молодые люди-подростки	Скрининговые массовые исследования, поликлиника	1 раз / год
Взрослое население	Скрининговые массовые исследования, поликлиника	1 раз / год
<i>Пациенты, имеющие следующие заболевания:</i>		
Ишемическая болезнь сердца	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Атеросклероз сонных артерий	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Дислипидемия	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Цереброваскулярная патология	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Сахарный диабет	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Метаболический синдром и ожирение	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Хроническая болезнь почек	Стационар	1 раз / 3, 6, 12 месяцев
Состояния, связанные с патологическим изменением АД	Стационар	1 раз / 6, 12 месяцев
<i>Примечание:</i> стационар – отделения кардиологии, сердечно-сосудистой хирургии, функциональной диагностики, неврологии, эндокринологии.		

Пример клинического заключения врача функциональной диагностики

Заключение при нормальных значениях: R-CAVI – 5.5, L-CAVI – 5.6; R-ABI – 1.03, L-ABI – 1.05; баланс АД без значимых колебаний.

Заключение: артериальная жёсткость в пределах возрастной нормы, проходимость артерий нижних конечностей не нарушена, предполагаемый возраст артерий соответствует биологическому возрасту.

Заключение при патологически изменённых значениях: R-CAVI – 14.5, L-CAVI – 13.8; R-ABI – 0.88, L-ABI – 0.92; RB – 225/103 мм рт.ст., RA – 190/85 мм рт.ст.; R-TBI – 0.44, L-TBI – 0.60.

Заключение: артериальная жёсткость значимо увеличена, проходимость артерий нижних конечностей снижена, преимущественно справа, предполагаемый возраст артерий – более 80 лет, повышение АД справа, смещение баланса АД с преобладанием справа. Наблюдаемые признаки соответствуют выраженному артериосклерозу и периферическому заболеванию артерий нижних конечностей.

Заключение

CAVI уже несколько лет широко используется во многих странах для оценки артериальной жёсткости у пациентов с документированными сердечно-сосудистыми заболеваниями, включая пациентов с атеросклерозом, ИБС и инсультом, а также тех, кто имеет высокий риск развития сердечно-сосудистых событий, пациентов с артериальной гипертонией, сахарным диабетом, повышенной массой тела. Индекс CAVI используется не только для определения функциональных и органических изменений в крупных артериях, но и у здоровых лиц для оценки потенциального риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Первичной целью оценки сосудистой жёсткости с помощью CAVI является не просто помощь в ранней диагностике артериосклероза для своевременного лечения и изменения образа жизни, а количественная оценка прогрессирования болезни и эффективности проводимой терапии. Данные свойства CAVI важны как при скрининговых обследованиях населения, при доврачебном обследовании больного, но и в условиях стационара.

Список литературы

1. Бойцов С.А. Новые клинико-организационные подходы к профилактике сердечно-сосудистых заболеваний в системе первичной медико-санитарной помощи / С.А. Бойцов, А.М. Калинина, П.В. Ипатов // Терапевтический архив. – 2013. – Т. 85, № 8. – С.8-13.
2. Милягина И.В., Милягин В.А., Поздняков Ю.М., Макарова И.В., Шпынев К.В. Возрастная динамика артериального давления в различных сосудистых бассейнах у практически здоровых людей и больных артериальной гипертонией // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – М., 2008. – №2. – С. 44-51.
3. Сумин А.Н., Осокина А.В., Щеглова В.А., Жучкова Е.А., Барбараш О.Л. Можно ли с помощью сердечно-лодыжечного сосудистого индекса оценить распространенность атеросклероза у больных ишемической болезнью сердца? // Сибирский медицинский журнал. – 2014. – №1. – С. 45-49.
4. Aykan AC, Gökdeniz T, Boyacı F, et al. Assessment of arterial stiffness in chronic obstructive pulmonary disease by a novel method : Cardio-ankle vascular index. Herz. 2013 Aug 3. [Epub ahead of print]
5. Horinaka S, Yabe A, Yagi H, Ishimura K, Hara H, et al. (2009) Comparison of atherosclerotic indicators between cardio ankle vascular index and brachial ankle pulse wave velocity. *Angiology* 60: 468-476.
6. Ibata J, Sasaki H, Kakimoto T, Matsuno S, Nakatani M, Kobayashi M, Tatsumi K, Nakano Y, Wakasaki H, Furuta H, Nishi M, Nanjo K. Cardio-ankle vascular index measures arterial wall stiffness independent of blood pressure. *Diabetes Res Clin Pract.* 2008 May;80(2):265-70.
7. Kim ES, Moon SD, Kim HS, et al. Diabetic peripheral neuropathy is associated with increased arterial stiffness without changes in carotid intima-media thickness in type 2 diabetes. *Diabetes Care.* 2011; 34(6):1403–1405.
8. Kotani K, Remaley AT: Cardio-AnkleVascular Index (CAVI) and its Potential Clinical Implications for Cardiovascular Disease. *Cardiol Pharmacol*, 2013; 2: 108.
9. Liu H, Yambe T, Zhang X, Saijo Y, Shiraishi Y, Sekine K, Maruyama M, Kovalev YA, Milyagina IA, Milyagin VA, Nitta S: Comparison of brachial-ankle pulse wave velocity in Japanese and Russians. *Tohoku J Exp Med*, 2005; 207: 263-70.
10. Liu H, Zhang X, Feng X, Li J, Hu M, Yambe T. Effects of metabolic syndrome on cardio-ankle vascular index in middle-aged and elderly Chinese. *Metab Syndr Relat Disord.* 2011;9(2):105–110.
11. Mattace-Raso FU, van der Cammen TJ, Hofman A, van Popele NM, Bos ML, et al. Arterial stiffness and risk of coronary heart disease and stroke: the Rotterdam Study. *Circulation.* 2006 Feb 7;113(5):657-63.

12. Miyoshi T, Doi M, Hirohata S, et al. Cardio-ankle vascular index is independently associated with the severity of coronary atherosclerosis and left ventricular function in patients with ischemic heart disease. *J Atheroscler Thromb* 2010; 17: 249-258.
13. Nakamura K, Tomaru T, Yamamura S, Miyashita Y, Shirai K, Noike H. Cardio-ankle vascular index is a candidate predictor of coronary atherosclerosis. *Circ J*. 2008 Apr;72(4):598-604.
14. Namekata T, Suzuki K, Ishizuka N, Shirai K (2011) Establishing baseline criteria of cardio-ankle vascular index as a new indicator of arteriosclerosis: a cross-sectional study. *BMC Cardiovasc Disord* 11: 51.
15. Nichols M, Townsend N, Scarborough P, Luengo-Fernandez R, Leal J, Gray A, Rayner M: Mortality and Morbidity. In: *European Cardiovascular Disease Statistics 2012* Ed. ed Susanne Løgstrup and Sophie O'Kelly, pp 10-45, European Heart Network, Brussels, European Society of Cardiology, Sophia Antipolis, 2012.
16. Nichols M, Townsend N, Scarborough P, Rayner M. Trends in age-specific coronary heart disease mortality in the European Union over three decades: 1980-2009. *Eur Heart J*. 2013. Oct; 34(39): 3017-27.
17. Nürnberger J, Keflioglu-Scheiber A, Opazo Saez AM, Wenzel RR, Philipp T, Schäfers RF. Augmentation index is associated with cardiovascular risk. *J Hypertens*. 2002 Dec;20(12):2407-14.
18. Park HE, Choi SY, Kim MK, Oh BH. Cardio-ankle vascular index reflects coronary atherosclerosis in patients with abnormal glucose metabolism: Assessment with 256 slice multi-detector computed tomography. *J Cardiol*. 2012;60(5):372-376.
19. Riccioni G, Sblendorio V. Atherosclerosis: from biology to pharmacological treatment. *J Geriatr Cardiol*. 2012 Sep;9(3):305-17.
20. van Varik BJ, Rennenberg RJ, Reutelingsperger CP, Kroon AA, de Leeuw PW, Schurgers LJ. Mechanisms of arterial remodeling: lessons from genetic diseases. *Front Genet*. 2012 Dec 13;3:290.
21. Shimoyama T, Iguchi Y, Kimura K, et al. Stroke patients with cerebral microbleeds on MRI scans have arteriolosclerosis as well as systemic atherosclerosis. *Hypertens Res*. 2012;35(10):975-979.
22. Shirai K, Hiruta N, Song M, Kurosu T, Suzuki J, Tomaru T, Miyashita Y, Saiki A, Takahashi M, Suzuki K, Takata M. Cardio-ankle vascular index (CAVI) as a novel indicator of arterial stiffness: theory, evidence and perspectives. *J Atheroscler Thromb*. 2011;18(11):924-38.

23. Shirai K, Utino J, Otsuka K, Takata M. A novel blood pressure-independent arterial wall stiffness parameter; Cardio-ankle vascular index (CAVI). *J Atheroscler Thromb* 2006; 13: 101-107.
24. Shirai K, Utino J, Saiki A, Endo K, et al. Evaluation of blood pressure control using a new arterial stiffness parameter, cardio-ankle vascular index (CAVI). *Curr Hypertens Rev.* 2013 Feb;9(1):66-75.
25. Shirai K, Song M, Suzuki J, et al. Contradictory effects of β_1 - and α_1 -adrenergic receptor blockers on cardio-ankle vascular stiffness index (CAVI) -the independency of CAVI from blood pressure. *J Atheroscler Thromb* 2011; 18: 49-55.
26. Takaki A, Ogawa H, Wakeyama T, et al. Cardio-ankle vascular index is a new noninvasive parameter of arterial stiffness. *Circ J* 2007; 71(11): 1710-1714.
27. Takaki A, Ogawa H, Wakeyama T, Iwami T, Kimura M, et al. (2008) Cardio-ankle vascular index is superior to brachial-ankle pulse wave velocity as an index of arterial stiffness. *Hypertens Res* 31: 1347-1355.
28. Takenaka T, Hoshi H, Kato N, et al. Cardio-ankle vascular index to screen cardiovascular diseases in patients with end-stage renal diseases. *J Atheroscler Thromb.* 2008;15(6):339-344.
29. Uurtuya S, Taniguchi N, Kotani K, Yamada T, et al.: Comparative study of the cardio-ankle vascular index and ankle-brachial index between young Japanese and Mongolian subjects. *Hypertens Res*, 2009; 32: 140-4.

Издательство Курского государственного медицинского университета.

305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3.

Лицензия ЛР № 020862 от 30.04.99 г.

Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии КГМУ.

305041, г. Курск, ул. К. Маркса, 3.

Заказ № 98