

Возможности контурного анализа пульсовой волны в диагностике раннего сосудистого старения

Артур Марсович Туктаров^{1,2*}, Александр Евгеньевич Филиппов^{1,2},
Андрей Андреевич Обрезан¹, Лидия Владимировна Куколь¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет
Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9

² ООО Международный медицинский центр «СОГАЗ»
Россия, 191186, Санкт-Петербург, ул. Малая Конюшенная, 8

Цель. Изучить возможности фотоплетизмографии (ФПГ) в оценке артериальной жесткости, артериального возраста и раннего сосудистого старения у здоровых и больных лиц с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Материал и методы. Материалом исследования послужили данные обследования крупных коллективов, проходивших диспансеризацию в группе клиник медицинского центра «СОГАЗ». Всего обследовано 783 мужчин в возрасте от 20 до 92 лет. Средний возраст составил $48,2 \pm 10,32$ лет. В качестве специального метода исследования использовалась ФПГ, проводимая с помощью диагностического комплекса «АнгиоСкан-01». Оценивались показатели: индекс жесткости (SI), индекс отражения (RI), индекс аугментации (Alp75), возрастной индекс (AGI) и типы пульсовой волны (PV-type). Для определения сосудистого возраста (VA) строилось корреляционное поле зависимости AGI от возраста испытуемого, и затем по величине AGI рассчитывался VA.

Результаты. При анализе взаимосвязи показателей ФПГ наиболее сильная связь с паспортным возрастом была выявлена для показателя AGI ($r=0,54$). Критериями раннего сосудистого старения (EVA-синдрома) считались значения AGI, выходящие за пределы 90-го перцентиля ($n=65$), критериями «молодого сосудистого возраста» ($n=87$) – значения AGI менее 10 перцентиля с коррекцией по возрасту. Сравнение этих двух альтернативных подгрупп (мужчин в возрасте от 40 до 59 лет) по параметрам артериальной жесткости показало значимые различия по показателям SI ($8,2 \pm 0,99$ против $7,6 \pm 0,89$, соответственно; $p=0,001$), Alp75 ($-0,2 \pm 14,54$ против $20,5 \pm 10,31$, соответственно; $p=0,0001$), PV-type. Частота выявления множественных факторов риска по результатам анкетирования и лабораторной диагностики у пациентов с EVA-синдромом была также значимо больше. Оценка вклада сосудистых факторов риска в сосудистое старение показала, что лидирующие позиции занимают артериальная гипертензия, гипертриглицеридемия, абдоминальное ожирение, гипергликемия и курение.

Заключение. ФПГ является простым, быстрым и информативным методом, позволяющим оценить параметры жесткости сосудистой стенки. Можно полагать, что ее использование в скрининговых обследованиях мужчин среднего возраста может помочь в выявлении пациентов, требующих наблюдения и интенсивной профилактики.

Ключевые слова: артериальная ригидность, сосудистый возраст, фотоплетизмография, раннее сосудистое старение.

Для цитирования: Туктаров А.М., Филиппов А.Е., Обрезан А.А., Куколь Л.В. Возможности контурного анализа пульсовой волны в диагностике раннего сосудистого старения. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиологии* 2020;16(3):356-362. DOI:10.20996/1819-6446-2020-06-15

Possibilities of Pulse Wave Contour Analysis in Diagnostics of Early Vascular Aging

Arthur M. Tuktarov^{1,2*}, Alexander E. Filippov^{1,2}, Andrey A. Obrezan¹, Lidia V. Kukol'¹

¹ St. Petersburg State University. Universitetskaya nab. 7/9, Saint Petersburg, 199034 Russia

² LLC International Medical Center "SOGAZ". Malaya Konyushennaya ul. 8, Saint Petersburg, 191186 Russia

Aim. To study the possibilities of photoplethysmography (PPG) in evaluation of arterial stiffness, arterial age and early vascular aging (EVA) in healthy individuals and patients with cardiovascular risk factors.

Material and methods. The material of the study was the data from a survey of large teams undergoing medical examination in a group of clinics of Medical Center "SOGAZ". A total of 783 men aged from 20 to 92 years were examined. The mean age was 48.2 ± 10.32 years. PPG was used as a special research method, performed using the AngioScan-01 diagnostic complex. The following indicators were evaluated: stiffness index (SI), reflection index (RI), augmentation index (Alp75), age index (AGI) and pulse wave types (PV-type). For determining the vascular age (VA), correlation field of the dependence of AGI on the age of the subject was built, and then the VA was calculated by the value of the AGI.

Results. The greatest correlation with passport age was revealed for the AGI indicator ($r=0.54$) at the first stage of the study. EVA-syndrome criteria were considered as values of the AGI, beyond the 90th percentile ($n=65$), and the criteria for "young vascular age" ($n=87$) were AGI values below 10 percentile with age correction. Comparison of these two alternative subgroups (in men aged from 40 to 59) in terms of arterial stiffness showed significant differences in SI (8.2 ± 0.99 vs 7.6 ± 0.89 , respectively, $p=0.001$), Alp75 (-0.2 ± 14.54 vs 20.5 ± 10.31 , respectively, $p=0.0001$), PV-type. The frequency of detection of multiple risk factors according to the results of questionnaires and laboratory diagnostics in patients with EVA-syndrome was also significantly higher. Assessment of the contribution of vascular risk factors to vascular aging showed that the leading positions are occupied by hypertension, hypertriglyceridemia, abdominal obesity, hyperglycemia, and smoking.

Conclusion. PPG is a simple, fast, and informative method that allows to evaluate the parameters of the vascular wall stiffness. It can be assumed that its use in screening examinations of middle-aged men can help in identifying patients requiring observation and intensive prevention.

Keywords: arterial stiffness, vascular age, photoplethysmography, early vascular aging.

For citation: Tuktarov A.M., Filippov A.E., Obrezan A.A., Kukol' L.V. Possibilities of Pulse Wave Contour Analysis in Diagnostics of Early Vascular Aging. *Rational Pharmacotherapy in Cardiology* 2020;16(3):356-362. DOI:10.20996/1819-6446-2020-06-15

*Corresponding Author (Автор, ответственный за переписку): artur-tuktarov@yandex.ru

Received/Поступила: 27.02.2020

Accepted/Принята в печать: 09.04.2020

От сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) умирают 17,9 млн человек ежегодно, что составляет 31% всех случаев смерти в мире. По прогнозам экспертов количество смертей от ССЗ в мире возрастет за счет увеличения смертности среди мужского населения планеты с 18,1 млн в 2010 г. до 24,2 млн в 2030 г. [1].

Существующие методы оценки сердечно-сосудистого риска, основанные на оценке хронологического возраста и классических факторов риска, имеют ряд ограничений и часто приводят к недооценке риска в популяции, особенно – среди пациентов среднего возраста. Как следствие, группа пациентов, требующая агрессивной коррекции факторов риска, остается без необходимого лечения [2].

Изменения сосудов эластического типа (аорта, легочная артерия и отходящие от них крупные артерии) являются важным звеном патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний. Одной из значимых характеристик сосудов эластического типа является жесткость, которая определяет способность артериальной стенки к сопротивлению деформации. В ЕОК/ЕОАГ рекомендациях по лечению больных с артериальной гипертензией (АГ) 2013 и 2018 гг., Национальных рекомендациях по кардиоваскулярной профилактике (2016 г.) повышенная жесткость артериального русла рассматривается как значимый фактор кардиоваскулярного риска [3-5].

Патоморфологическим субстратом жесткости артериального русла является артериосклероз, характеризующийся постепенным уменьшением в сосудистой стенке содержания эластина и повышением содержания коллагена [6]. Понимание процессов, происходящих в сосудистой стенке и ассоциированных со старением, привело к созданию новой концепции, получившей название «раннее сосудистое старение» или EVA-синдром (Early Vascular Aging), под которым подразумевают прогрессирующее изменение структуры и функции артерий преимущественно крупного и среднего калибра, приводящее к снижению сосудистого комплаенса и увеличению артериальной жесткости [7].

«Золотым стандартом» оценки артериальной жесткости является скорость распространения пульсовой волны (СПВ). Показатель обладает независимой прогностической значимостью, особенно у лиц среднего возраста [8-9]. Первичным критерием синдрома раннего сосудистого старения считается отклонение СПВ на 2 стандартных отклонения от средних значений, что соответствует значениям показателя в 90 и более перцентилей. К числу перспективных методов оценки артериальной ригидности относится фотоплетизмография (ФПГ) [10]. Контурный анализ скорости распространения пульсовой волны позволяет выделить ударную и отраженную волны, рассчитать значения давления в различных точках пульсовой волны, оценить

амплификацию и аугментацию давления, время распространения пульсовой волны; кроме того, данный метод дает возможность обнаружить систолическую и диастолическую дисфункцию миокарда [11].

К достоинствам метода следует также отнести простоту выполнения теста (не требует специальных знаний от оператора), затраченное время (несколько минут) и высокая воспроизводимость, что чрезвычайно удобно при массовых скринингах. К числу очевидных достоинств следует отнести и алгоритм оценки, позволяющий, кроме прямых параметров артериальной жесткости, оценить артериальный возраст пациента [10]. Тем не менее, прогностическая значимость данных показателей в оценке артериального возраста окончательно не ясна, что и явилось посылком к настоящему исследованию.

Цель исследования: изучить возможности фотоплетизмографии в оценке артериальной жесткости, артериального возраста и «раннего сосудистого старения» у здоровых и больных лиц с факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Материал и методы

Материалом исследования послужили данные обследования крупных коллективов, проходивших диспансеризацию в группе клиник медицинского центра «СОГАЗ». Всего обследовано 783 мужчин в возрасте от 20 до 92 лет (средний возраст – $48,2 \pm 10,32$ лет).

В анализ были включены 557 мужчин от 40 до 59 лет (71,1% от общей выборки). Из них 46% ($n=256$) пациентов имели анамнез по АГ (40,9%, $n=228$), ишемической болезни сердца (ИБС; 6,6%, $n=37$) и ее эквивалентам (сахарный диабет [СД]; 2,1%, $n=12$). Свободными от манифестной сердечно-сосудистой патологии были признаны 54% ($n=301$) пациентов.

Пациенты с фибрилляцией предсердий, искусственным водителем ритма и частыми экстрасистолами не были включены в исследование. Можно отметить, что у 49,5% ($n=276$) пациентов по результатам анкетирования отмечался низкий риск сердечно-сосудистых заболеваний, у 36,1% ($n=201$) – умеренный, а 14,4% ($n=80$) пациентов имели высокий риск.

Обследование всех пациентов на этапе включения включало опрос (сбор жалоб, анамнеза) с целью выявления факторов риска и клинических проявлений сердечно-сосудистых заболеваний. Определение весоростовых показателей (измерение роста и веса, расчет индекса массы тела (ИМТ)), объективное обследование, осмотры профильных врачей-специалистов, общеклинические исследования крови, мочи, рутинная биохимическая панель (глюкоза, креатинин, билирубин, аланиновая и аспарагиновая трансаминазы), липидограмма, ультразвуковое исследование сонных артерий.

В качестве специальных методов исследования применялись анкетирование с целью выявления факторов риска и контурный анализ СПВ методом ФПГ, который проводился с помощью диагностического комплекса «АнгиоСкан-01». Данное устройство содержит оптические сенсоры, работающие в ближней инфракрасной области, позволяющие регистрировать пульсовую волну объема.

С помощью контурного анализа ФПГ были получены следующие показатели: индекс жесткости (SI), индекс аугментации (AIp), индекс аугментации при частоте пульса (ЧП)=75 (AIp75), возрастной индекс (AGI), индекс отражения (RI), длительность пульсовой волны (PD), продолжительность систолы в процентах (ED), время до первого пика (T1), время до второго пика (T2), dTrp, тип кривой (A, B, C). Для определения расчетного показателя – сосудистого возраста (VA) автоматически строилось корреляционное поле зависимости возрастного индекса от возраста испытуемого, и затем по величине возрастного индекса рассчитывался возраст сосудистой системы.

Формализованная анкета по раннему выявлению риска сердечно-сосудистых заболеваний включала набор из 11 ранжированных в баллах признаков, позволяющих провести качественный учет выраженности больших факторов риска, физическую активность, пищевое поведение и приверженность к терапии.

Статистический анализ данных, полученных во время исследования, производили, применяя стандартные пакеты прикладных программ: Statistica 10 (Statsoft Inc., США). Методы описательной (дескриптивной) статистики представлены количественными показателями средних значений (M) \pm стандартное отклонение (SD), 95% доверительного интервала для среднего арифметического, t-критерий Стьюдента использовался для проверки гипотезы о равенстве двух средних.

Предварительно все распределения количественных данных выборки были проверены на нормальность с помощью критерия хи-квадрат. Выводы базировались только на статистически значимых различиях. Достигнутый уровень значимости (p) рассчитывался на всех этапах статистического анализа. Критерием статистической значимости полученных результатов считали величину, равную $p < 0,05$.

С целью определения наличия или отсутствия линейной (корреляционной) связи между двумя количественными признаками, а также для оценки ее тесноты и статистической значимости использовали метод параметрической статистики – коэффициент корреляции Пирсона (r). Для определения степени детерминированности критериальной переменной и определения вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой переменной применялся линейный регрессионный анализ.

Результаты

На первом этапе исследования мы оценили взаимосвязь показателей ФПГ с паспортным возрастом. Представленные данные демонстрировали статистически значимую связь средней силы ($p < 0,05$) возраста с типом пульсовой волны А ($r = 0,42$) и С ($r = -0,43$), индексом аугментации ($r = 0,46$). Наибольшая взаимосвязь показателей пульсовой волны отмечалась для показателя «возрастной индекс» ($r = 0,54$, $p < 0,05$), по которому строилось корреляционное поле зависимости от паспортного возраста и рассчитывался сосудистый возраст.

Точками отсечки для выделения EVA-синдрома и «молодого» сосудистого возраста по показателю «сосудистый возраст» (VA) были выбраны 2 стандартных отклонения от среднего значения. На рис. 1 представлена частота выявления EVA-синдрома (8,3%) и молодого (11,1%) артериального возраста в обследованной нами организованной популяции мужчин с шагом в 10 лет. Как следует из представленных данных, частота выявления пациентов с EVA-синдромом после 60 лет падает; частота выявления лиц с «молодым» сосудистым возрастом постепенно возрастает, а после 60 лет превышает частоту выявляемости пациентов с EVA-синдромом. По результатам обследования из генеральной выборки были выделены 2 сопоставимые по паспортному и альтернативные по сосудистому возрасту группы мужчин: 1-я группа «молодого» сосудистого возраста ($n = 59$) и 2-я группа с ранним сосудистым старением ($n = 49$). Паспортный возраст

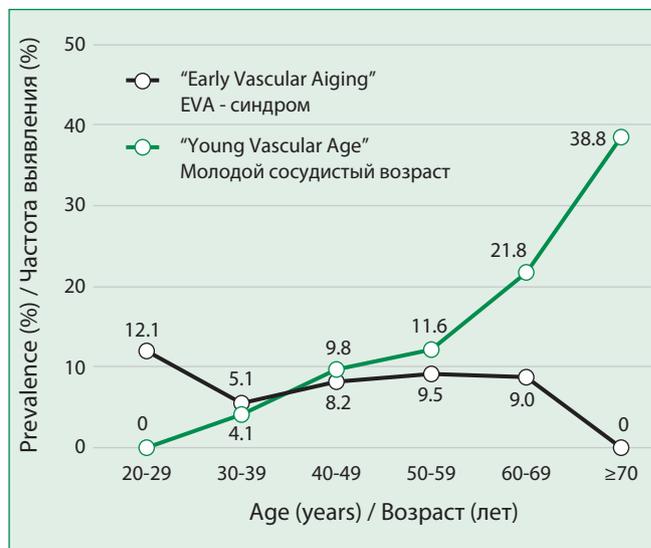


Figure 1. Distribution of the detection rate of “Early Vascular Aging” and “Young Vascular Age” in the examined individuals by age in a 10-year interval

Рисунок 1. Распределение частоты выявления EVA-синдрома и молодого сосудистого возраста среди обследованных лиц по возрасту в 10-летнем интервале

Table 1. Comparison of arterial stiffness in alternative arterial age groups

Таблица 1. Сравнение показателей артериальной жесткости в альтернативных по артериальному возрасту группах

Параметр	1 группа (n=59)	2 группа (n=49)	p
SI, м/сек	8,2±0,99	7,6±0,89	0,001
RI, %	39,5±17,36	57,2±15,03	0,0001
Alp75, %	-0,2±14,54	20,5±10,31	0,0001
VA, лет	29,1±6,81	68,8±7,18	0,0001
A wave, %	38,1±41,02	94,5±11,73	0,0001
C wave, %	49,8±39,94	0,7±2,73	0,0001

Alp75 – индекс аугментации при частоте пульса 75 уд/мин,
 A wave – тип пульсовой волны А, C wave – тип пульсовой волны С,
 RI – индекс отражения, SI – индекс жесткости, VA – сосудистый возраст

Table 2. Clinical characteristics of alternative arterial age groups

Таблица 2. Клиническая характеристика альтернативных по артериальному возрасту групп

Параметр	1 группа (n=59)	2 группа (n=49)	p
ИМТ, кг/м ²	26,6±3,29	29,2±5,76	0,004
ОТ, см	92,2±8,91	101,1±12,98	0,0001
Креатинин, мкмоль/л	82,4±11,76	80,7±9,84	0,459
ТГ, ммоль/л	1,2±0,76	1,6±0,81	0,014
ОХС, ммоль/л	5,1±0,99	5,3±0,98	0,18
ЛПВП, ммоль/л	1,1±0,24	1,1±0,27	0,896
ЛПНП, ммоль/л	3,3±0,89	3,5±0,86	0,324
Индекс атерогенности, ед	3,5±0,86	3,8±1,09	0,178
Глюкоза натощак, ммоль/л	5,3±0,78	5,8±1,52	0,044
Суммарный балл по данным анкеты, балл	16,8±5,53	22,0±6,04	0,0001

ИМТ – индекс массы тела, ЛПВП – липопротеины высокой плотности,
 ЛПНП – липопротеины низкой плотности, ОТ – окружность талии,
 ОХС – общий холестерин, ТГ – триглицериды

включенных в анализ мужчин составил от 40 до 60 лет, средний возраст – 49,8±5,32 лет и 48,7±4,9 лет, соответственно, в 1 и во 2 группах (p>0,05).

Оценка показателей, характеризующих упруго-эластические свойства артериального русла показала значимые различия между двумя группами для индекса жесткости, индекса аугментации, индекса отражения, возрастного индекса и волн типа А и С. Тип волны А, характерный для лиц пожилого возраста, демонстрировало 94% пациентов с EVA-синдромом, тогда как в группе молодого сосудистого возраста – только 38% (p<0,01). Тип волны С, характерный для лиц молодого возраста, в группе пациентов с EVA-синдромом практически не регистрировался. При одинаковом паспортном возрасте средняя его разница с сосудистым составляла ±20 лет соответственно (табл. 1).

Оценка факторов риска (ФР) ССЗ показала значимые различия между двумя альтернативными группами по избыточной массе тела, окружности талии, уровню риска ССЗ по данным анкетирования, уровню триглицеридов (ТГ) и глюкозы (табл. 2). В 1-й группе значимо реже встречались такие ФР, как курение (16,9% против 53,1%, p<0,05), ожирение (16,9% против 42,8%, p<0,05), отсутствие физической активности (42,4% против 59,2%, p<0,05), АГ (39% против 59,2%, p<0,05). Сахарный диабет был зарегистрирован только во 2-й группе. Группы не имели статически значимых отличий по отягощенной наследственности по ССЗ (35,6% против 36,7%, p>0,05) и индексу стресса (64% против 75,5%, p>0,05).

При анализе взаимосвязи показателей артериальной ригидности с ФР были выявлены корреляционные связи средней силы с наличием или отсутствием у пациентов АГ, достаточным или недостаточным антигипертензивным контролем, а также сопутствующими ФР: ИМТ, индекс массы миокарда, наличием атеросклеротических бляшек в бассейне сонных артерий и диастолической дисфункцией левого желудочка сердца (r=0,3-0,42; p<0,05).

Оценка вклада факторов риска в сосудистое старение показала (рис. 2), что лидирующие позиции занимали гипертриглицеридемия и статус курения (отношение шансов – 6,9 и 5,9, соответственно). Значимый вклад вносили такие факторы как абдоминальное ожирение, АГ и гипергликемия (эти факторы являются ключевыми составляющими метаболического синдрома, который часто обозначается в литературе как синдром Reaven). СД был выявлен у 6% пациентов с EVA-синдромом и ни у одного из группы с «молодым» сосудистым возрастом. Низкая физическая активность и дислипидемия (по уровню липопротеинов низкой плотности) также были значимыми.

Обсуждение

Снижение сердечно-сосудистого риска является основной целью терапии [3]. Последние исследования показывают, что пациенты плохо воспринимают значения рисков, указанные в процентах. Это приводит к недооценке своего состояния и ложному успокоению при низком уровне риска [12]. С целью упрощения понимания пациентами состояния своего здоровья и повышения приверженности пациентов к терапии была предложена концепция «сосудистого возраста». Под этим термином понимают хронологический возраст «идеального» пациента с таким же уровнем сердечно-сосудистого риска, как и у обследуемого, но при отсутствии у него модифицируемых факторов риска [2]. В результате абстрактная величина трансформируется в более простой для понимания параметр, что позволяет лучше донести до пациента не-

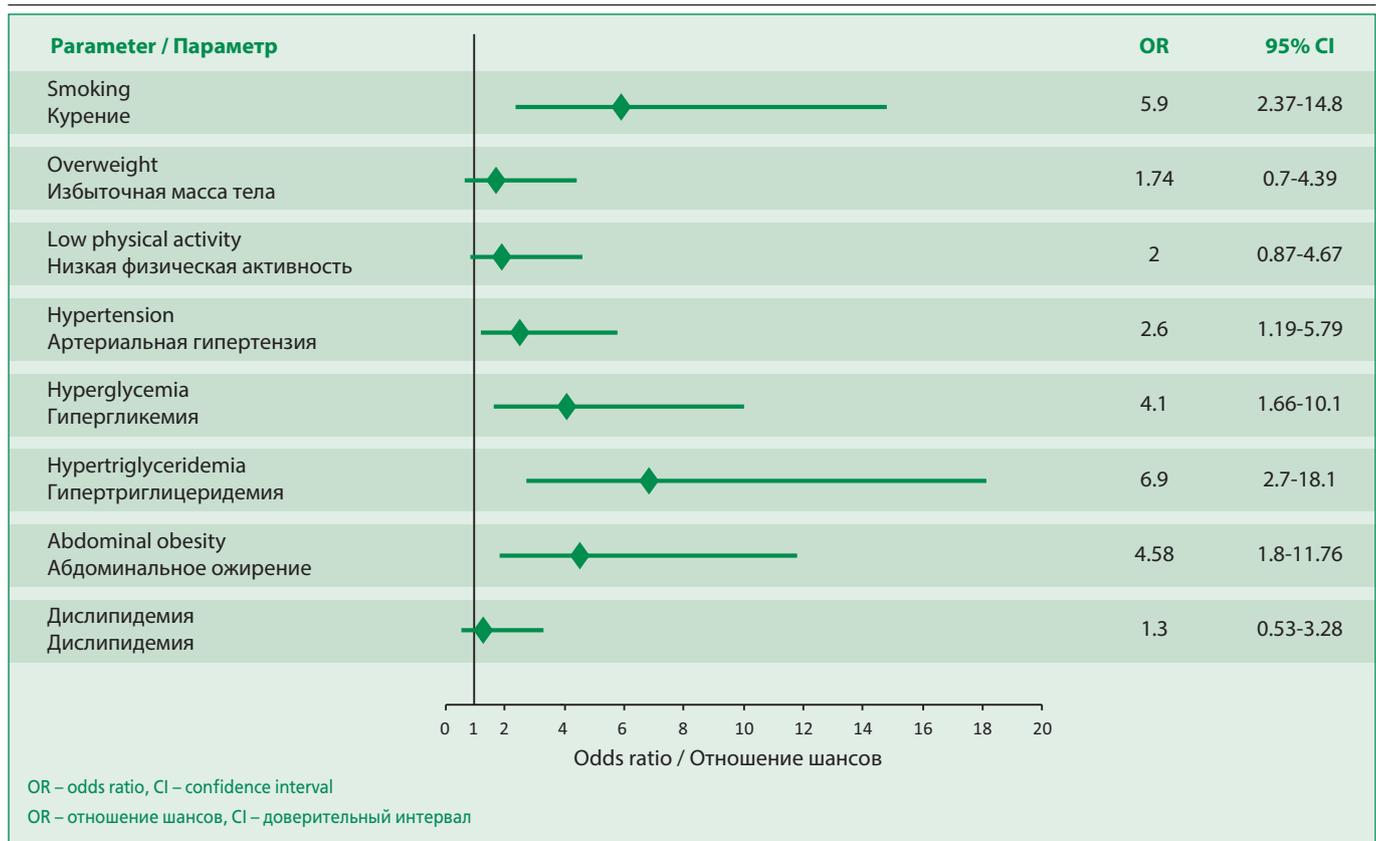


Figure 2. Assessment of the contribution of modifiable risk factors to early vascular (arterial) aging
Рисунок 2. Оценка вклада модифицируемых факторов риска в раннее сосудистое (артериальное) старение

обходимость лечения и улучшает приверженность к терапии [13].

Тем не менее, алгоритмы оценки риска, в основном, базирующиеся на анализе хронологического возраста и классических факторов риска, имеют ограничения в точной интерпретации данных пациента и могут недооценивать субъектов, к которым должна быть применена агрессивная модификация факторов риска. Возраст сосудов возможно определить неинвазивно: путем измерения наличия дисфункции эндотелия, СПВ, центрального аортального давления, толщины комплекса интима-медиа. Данные параметры можно оценивать, как «тканевые маркеры» поражения сосудов, которые могут быть более чувствительными, чем «циркулирующие маркеры» (например, высокочувствительный С-реактивный белок, гипергликемия, дислипидемия), и показать лучшие дополнительные результаты прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений в сочетании с классическими факторами риска.

Жесткость крупных артерий долгое время считалась важным фактором, определяющим пульсовое давление. Однако только в последние десятилетия, благодаря накоплению данных крупных и разнообразных эпидемиологических исследований заболеваемости и смертности, связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, она стала независимым предиктором

сердечно-сосудистого риска. Это вызвало значительный интерес к исследованиям, связанным с собственными причинно-следственными и связанными с ней факторами, ответственными за изменение механических свойств артериальной стенки, с целью выявления конкретных путей, которые могут быть исследованы для предотвращения или реверса артериальной жесткости [12].

В концепции сосудистого старения артериальная жесткость отражает совокупное влияние факторов риска с течением времени, а возраст – процесс старения сам по себе и продолжительность действия негативных факторов. Из этого следует, что повышение артериальной жесткости позволяет оценить истинное повреждение стенки артерии, в отличие от классических факторов риска [14]. Актуальность концепции оценки сосудистого старения поддерживается разработкой большого количества новых гаджетов для измерения гемодинамики и артериальной жесткости и развитием различных методик расчета сосудистого возраста.

Поскольку для точной оценки СПВ аорты требуется инвазивное вмешательство или магнитная резонансная томография, для аппроксимации параметра используются суррогатные методики. Недавние исследования подчеркнули потенциальную важность информации, полученной с помощью ФПГ [10].

Артериальная ригидность и сердечно-сосудистые факторы риска

Возраст. Известно, что наименьшую роль в эластических свойствах артериальной стенки играет интима. Медиа в большей степени определяет артериальную жесткость и способствует изменению состояния сосуда в течение сердечного цикла, а также, как в последнее время было отмечено, адвентиция артериального сосуда. Основные составляющие меди (эластины, коллаген, мукополисахариды, гладкомышечные клетки) имеют определенную архитектуру, которая различается в зависимости от локализации сосуда. Соотношение эластина и коллагена является фиксированным показателем для сосудов одного типа и обратно пропорционально удаленности от сердца. С возрастом это соотношение может изменяться, так как происходит постепенная фрагментация и деградация эластических волокон, а также отложение большого количества коллагена, эти изменения служат основой для повышения сосудистой ригидности [15].

Повышение жесткости крупных артерий, по-видимому, является неизбежным следствием нормального процесса старения, и, следовательно, возраст является наиболее важным фактором, определяющим жесткость артерий. Положительная связь между возрастом и жесткостью артерий была подтверждена в большом количестве исследований с использованием различных методов [16]. Тогда как крупные центральные артерии с возрастом постепенно уплотняются, эластические свойства меньших мышечных артерий мало изменяются. В нашем исследовании возрастной индекс (AGI) – показатель, отражающий соотношение различных компонентов пульсовой волны, демонстрировал наилучшую корреляцию с возрастом ($r=0,54$, $p<0,05$). Сходные данные были представлены K.S. Hong [10].

Артериальная гипертензия (АГ). Артериальная жесткость – важный прогностический фактор в развитии АГ. Артериальная жесткость, а также показатель отражения пульсовой волны – ключевые составляющие повышенного центрального аортального систолического давления, которое может приводить к сердечно-сосудистым событиям независимо от уровня периферического артериального давления [17]. Несмотря на то, что повышение жесткости артерий является возрастным процессом, оно также заметно ускоряется при наличии гипертензии [18]. В нашем исследовании АГ регистрировалась в 2,6 раза чаще, чем у альтернативной по сосудистому возрасту группы мужчин среднего возраста.

Курение является установленным фактором риска сердечно-сосудистых заболеваний. Острое усиливающее воздействие курения сигарет было продемонстрировано как у некурящих, так и у курильщиков, пассивное курение также было связано с увеличением жесткости

аорты [19]. Аналогичные результаты были получены и в нашем исследовании: статус курильщика имели 98% из группы с EVA-синдромом против трети пациентов альтернативной группы. Исследований, которые напрямую оценивали, снижает ли отказ от курения жесткость крупных эластических артерий, в доступной литературе нам не встретилось. Тем не менее, поскольку прекращение курения снижает пульсовое давление у гипертоников, разумно ожидать, что прекращение курения улучшит эластичность крупных сосудов [20].

Метаболический синдром тесно связан с АГ и сахарным диабетом 2 типа. Следовательно, неудивительно, что метаболический синдром также связан с увеличением ускорения пульсовой волны с возрастом. Существует ряд исследований, посвященных взаимосвязи уровня триглицеридов с артериальной жесткостью. Повышенный уровень триглицеридов снижает способность липопротеинов высокой плотности переносить сложные эфиры холестерина [21], снижая антиатрогенный эффект, и стимулирует высвобождение и экспрессию эндотелиальных медиаторов *in vitro*, таких как эндотелин-1, способствуя развитию эндотелиальной дисфункции. Гипертриглицеридемия может дополнительно усиливать экспрессию молекул межклеточной адгезии, увеличивать образование пенистых клеток и повышать деформацию гладкой мускулатуры сосудов [22]. Следовательно, высокий уровень триглицеридов может способствовать раннему развитию атеросклероза и увеличению ригидности артериального русла. В 2016 г. были представлены результаты проспективного исследования ($n=1447$), в котором было показано, что высокий уровень триглицеридов является независимым предиктором увеличения СПВ [23], что согласуется и с нашими данными.

В последние годы было продемонстрировано, что люди с ожирением предрасположены к увеличению артериальной жесткости независимо от уровня АД, этнической принадлежности и возраста [24]. Наши результаты также демонстрировали значимый вклад избыточной массы тела в развитие раннего сосудистого старения: у пациентов с абдоминальным ожирением – основным критерием метаболического синдрома, отношение шансов было трехкратным.

Физическая активность. Благоприятное влияние физической активности на здоровье сердечно-сосудистой системы неоспоримо. Защита от сердечно-сосудистых заболеваний, обеспечиваемая физической активностью, по-видимому, обеспечивается изменением сердечно-сосудистых факторов риска, таких как кровяное давление, липидный профиль и масса тела. Возрастная жесткость крупных артерий менее выражена у тех, кто выполняет регулярные упражнения на выносливость [25]. По нашим данным низкая физическая активность была также значимо связана с частотой

выявления EVA-синдрома (отношение шансов = 2,0, $p < 0,05$).

Заключение

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать заключение, что ФПГ является простым, быстрым и информативным методом, позволяющим оценить параметры жесткости сосудистой стенки. Можно полагать, что ее использование в скрининговых об-

следованиях мужчин среднего возраста может помочь в выявлении пациентов, требующих наблюдения и интенсивной профилактики.

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

Disclosures. All authors have not disclosed potential conflicts of interest regarding the content of this paper.

References / Литература

1. Townsend N., Wilson L., Bhatnagar P., et al. Cardiovascular disease in Europe: Epidemiological update 2016. *Eur Heart J.* 2016;37(42):3232-45. DOI:10.1093/eurheartj/ehw334.
2. Troitskaya E.A., Velmakin S.V., Kobalava Z.D. Concept of vascular age: new tool in cardiovascular risk assessment. *Arterial Hypertension.* 2017;23(2):160-71 (In Russ.) [Троицкая Е.А., Вельмакин С.В., Кобалава Ж.Д. Концепция сосудистого возраста: новый инструмент оценки сердечно-сосудистого риска. *Артериальная гипертензия.* 2017;23(2):160-71.]
3. Mancia G., Fagard R., Narkiewicz K., et al. 2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: the Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC). *J Hypertens.* 2013;31(7):1281-357. DOI:10.1097/01.hjh.0000431740.32696.cc.
4. Williams B., Mancia G., Spiering W., et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur Heart J.* 2018;39:3021-104. DOI:10.1093/eurheartj/ehy339.
5. Cardiovascular prevention 2017. National guidelines. *Russian Journal of Cardiology.* 2018;(6):7-122 (In Russ.) [Кардиоваскулярная профилактика 2017. Российские национальные рекомендации. *Российский Кардиологический Журнал.* 2018;(6):7-122]. DOI:10.15829/1560-4071-2018-6-7-122.
6. Tesaro M., Mauriello A., Rovella V., et al. Arterial ageing: from endothelial dysfunction to vascular calcification. *J Intern Med.* 2017;281(5):471-82. DOI:10.1111/joim.12605.
7. Nilsson P.M. Early vascular aging (EVA): consequences and prevention. *Vasc Health Risk Manag.* 2008;4(3):547-52. DOI:10.2147/vhrm.s1094.
8. Said M.A., Eppinga R.N., Lipsic E., et al. Relationship of Arterial Stiffness Index and Pulse Pressure With Cardiovascular Disease and Mortality. *J Am Heart Assoc.* 2018;7(2):e007621. DOI:10.1161/JAHA.117.007621
9. Vlachopoulos C., Aznaouridis K., Terentes-Printzos D., et al. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with brachial-ankle elasticity index: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension.* 2012;60(2):556-62. DOI:10.1161/HYPERTENSIONAHA.112.194779.
10. Hong K.S., Park K.T., Ahn J.M. Aging Index using Photoplethysmography for a Healthcare Device: Comparison with Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity. *Health Inform Res.* 2015;21(1):30-4. DOI:10.4258/hir.2015.21.1.30.
11. Parfenov A.S. Ранняя диагностика сердечно-сосудистых заболеваний с использованием аппаратно-программного комплекса «Ангиоскан-01». *Поликлиника.* 2012;21:70-4 (In Russ.) [Парфенов А.С. Ранняя диагностика сердечно-сосудистых заболеваний с использованием аппаратно-программного комплекса «Ангиоскан-01». *Поликлиника.* 2012;21:70-4].
12. Soureti A., Hurling R., Murray P., et al. Evaluation of a cardiovascular disease risk assessment tool for the promotion of healthier lifestyles. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2010;1(5):519-23. DOI:10.1097/HJR.0b013e328337ccd3.
13. Łoboz-Rudnicka M., Jaroch J., Bociąga Z. et al. Relationship between vascular age and classic cardiovascular risk factors and arterial stiffness. *Cardiol J.* 2013;20(4):394-401. DOI:10.5603/CJ.2013.0098.
14. Laurent S., Marais L., Boutouyrie P. The Noninvasive assessment of vascular aging. *Can J Cardiol.* 2016;32(5):669-79. DOI:10.1016/j.cjca.2016.01.039.
15. Cunha P.G., Olsen M.H. Chapter 24. Vascular Aging and Cardiovascular Disease. In: Nilsson P.M., Olsen M.H., Laurent S., eds. *Early Vascular Aging (EVA). New Directions in Cardiovascular Protection.* London, UK: Academic Press; 2015: 261-71. DOI:10.1016/B978-0-12-801387-8.00025-9.
16. Kawasaki T., Sasayama S., Yagi S., et al. Non-invasive assessment of the age related changes in stiffness of major branches of the human arteries. *Cardiovasc Res.* 1987;21:678-87. DOI:10.1093/cvr/21.9.678.
17. Ecobici M., Stoicescu C. Arterial stiffness and hypertension - which comes first? *Maedica (Bu-char).* 2017;12(3):184-90.
18. Benetos A., Adamopoulos C., Bureau J.M., et al. Determinants of accelerated progression of arterial stiffness in normotensive subjects and in treated hypertensive subjects over a 6-year period. *Circulation.* 2002;105(10):1202-7. DOI:10.1161/hc1002.105135.
19. Doonan R., Hausvater A., Scallan C., et al. The effect of smoking on arterial stiffness. *Hypertens Res.* 2010;33(5):398-410. DOI:10.1038/hr.2010.25.
20. Oncken C.A., White W.B., Cooney J.L., et al. Impact of smoking cessation on ambulatory blood pressure and heart rate in postmenopausal women. *Am J Hypertens.* 2001;14(9):942-9. DOI:10.1016/S0895-7061(01)02147-1.
21. Miller M., Cannon C.P., Murphy S.A., et al. Impact of triglyceride levels beyond low-density lipoprotein cholesterol after acute coronary syndrome in the PROVE IT-TIMI 22 trial. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(7):724-30. DOI:10.1016/j.jacc.2007.10.038.
22. Kawakami A., Osaka M., Tani M., et al. Apolipoprotein CIII links hyperlipidemia with vascular endothelial cell dysfunction. *Circulation.* 2008;118(7):731-42. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.784785.
23. Wang X., Ye P., Cao R., et al. Triglycerides are a predictive factor for arterial stiffness: a community-based 4.8-year prospective study. *Lipids Health Dis.* 2016;15:97. DOI:10.1186/s12944-016-0266-8.
24. Safar M.E., Czernichow S., Blacher J. Obesity, Arterial Stiffness, and Cardiovascular Risk. *JASN.* 2006;17(4):109-11. DOI:10.1681/ASN.2005121321.
25. Paffenbarger R.S. Jr, Jung D.L., Leung R.W., Hyde R.T. Physical activity and hypertension: an epidemiological view. *Ann Med.* 1991;(23):319-27. DOI:10.3109/07853899109148067.

About the Authors:

Arthur M. Tuktarov – MD, Resident, Chair of Hospital Therapy, Faculty of Medicine, Saint Petersburg State University; Therapist, International Medical Center “SOGAZ”

Alexander E. Filippov – MD, PhD, Professor, Chair of Hospital Therapy, Faculty of Medicine, Saint Petersburg State University; Head of Center for Atherosclerosis and Lipid Metabolism Disorders, International Medical Center “SOGAZ”

Andrey A. Obrezan – Resident, Chair of Hospital Therapy, Faculty of Medicine, Saint Petersburg State University

Lidia V. Kukol' – MD, PhD, Professor, Chair of Hospital Therapy, Faculty of Medicine, Saint Petersburg State University

Сведения об авторах:

Туктаров Артур Марсович – ординатор, кафедра госпитальной терапии, медицинский факультет, Санкт-Петербургский государственный университет; врач-терапевт, Международный медицинский центр «СОГАЗ»

Филиппов Александр Евгеньевич – д.м.н., профессор, кафедра госпитальной терапии, медицинский факультет, Санкт-Петербургский государственный университет; руководитель центра атеросклероза и нарушений липидного обмена, Международный медицинский центр «СОГАЗ»

Обрезан Андрей Андреевич – ординатор, кафедра госпитальной терапии, медицинский факультет, Санкт-Петербургский государственный университет

Куколь Лидия Владимировна – д.м.н., профессор, кафедра госпитальной терапии, медицинский факультет, Санкт-Петербургский государственный университет