

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЦЕНТРАЛЬНОГО АД И ПАРАМЕТРОВ
АРТЕРИАЛЬНОЙ РИГИДНОСТИ**

Ф.Х. Оракова, В.П. Кицышин

ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» МО РФ,

г. Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6

E-mail: aila01@rambler.ru. Контактный телефон: 89215973932

Резюме. Повышение жесткости артериальной стенки является ранним маркером сердечно-сосудистых заболеваний. Для оценки данного показателя необходимо определить скорость распространения пульсовой волны. Появление относительно простых технологий неинвазивного измерения центрального АД дает новые возможности в оптимизации снижения сердечно-сосудистого риска, связанного с повышенным АД. В представленном обзоре рассмотрены современные методики неинвазивной оценки центрального и периферического артериального давления.

Ключевые слова: жесткость артериальной стенки, сосудистая стенка, скорость распространения пульсовой волны.

**MODERN METHODS OF ESTIMATION OF CENTRAL BLOOD PRESSURE AND
PARAMETERS OF ARTERIAL STIFFNESS**

F.H. Orakova, V.P. Kitsyshin

S.M. Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

Abstract. Increased arterial wall stiffness is an early marker of cardiovascular disease. To assess this indicator, it is necessary to determine the velocity of the pulse wave. The emergence of relatively simple technologies for non-invasive measurement of Central blood pressure provides new opportunities to optimize the reduction of cardiovascular risk associated with high blood pressure. In this review, we consider modern methods of non-invasive assessment of central and peripheral blood pressure.

Key words: arterial wall stiffness, vascular wall, pulse wave velocity.

В патогенезе артериальной гипертензии (АГ) важную роль играет снижение эластичности и повышение жесткости крупных артерий. По данным многолетних проспективных исследований, повышение жесткости сосудистой стенки рассматривается как маркер развития сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) и смертности от них [1,2,3,4]. Аорта и крупные артерии являются сосудами эластического типа. Жесткость сосудистой стенки - это показатель, который определяет способность артериальной стенки к сопротивлению деформации. Для определения данного показателя измеряют скорость пульсовой волны (СПВ). В нормальной артериальной системе после сокращения желудочка в систолу пульсовая волна направляется из аорты в крупные, средние, а затем мелкие сосуды с определенной скоростью. При прохождении пульсовой волны через определенные препятствия (бифуркации, стенозы) появляются отраженные пульсовые волны, которые имеют обратное направление [5,6]. При сохраненной эластичности крупных сосудов скорость отраженной волны снижается. Величина этого показателя в значительной степени зависит от отношения толщины стенки сосудов к их радиусу и ее эластичности. Чем растяжимее сосуд, тем медленнее распространяется и быстрее ослабевает пульсовая волна и наоборот – чем ригиднее и толще сосуд и меньше его радиус, тем выше СПВ [7,8,6]. В настоящее время для оценки параметров сосудистой стенки используется широкий спектр неинвазивных методик – прямых визуализирующих (ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография) и непрямых – модифицированной сфигмографии, плетизмографии, осциллометрии.

Ультразвуковое исследование - один из методов неинвазивного определения эластических свойств артериальной стенки. Наиболее распространенной методикой является исследование сонных артерий. Для измерения диаметра сосуда, толщины интимы-медиа могут использоваться все классические двумерные ультразвуковые системы, но большинство из них ограничено в точности измерений, так как в них используется анализ видеоизображения. Для определения пульсовых изменений диаметра артерий, толщины интимы-медии с целью изучения ригидности сосудов используются эхо-трекинг системы, в которых точность определения составляет 1 микрон [9,10]. Эхо-трекинг системы позволяют вычислить локальную СПВ, установить кривую изменения диаметра артерии под действием давления, вычислить эластический модуль Юнга [9,11,12]. Важность определения данного показателя состоит в том, что он оценивает эластические свойства стенки артерии.

Магнитно-резонансная томография используется для измерения максимальной и минимальной площади поперечного сечения аорты на протяжении сердечного цикла с целью определения растяжимости аортальной стенки, других показателей ригидности. Метод обладает высокой точностью, позволяет не только определить показатели аортальной жесткости, но и исследовать влияние терапии на сосудистую ригидность [13,9,11]. Однако высокая стоимость этого метода снижает его доступность применения в практической медицине.

В настоящее время более доступными являются косвенные методы определения региональной ригидности кровеносных сосудов. Метод определения скорости распространения пульсовой волны давления по сосудам является наиболее распространенным из них. СПВ зависит от ригидности сосудистой стенки — чем толще стенка сосуда и меньше его диаметр, тем быстрее распространяется по нему пульсовая волна [10,12,14,15]. У человека наиболее высокой эластичностью обладает аорта, поэтому в ней самая низкая СПВ: 4–5 м/с в восходящей аорте и 5–6 м/с в абдоминальной части. СПВ в подвздошной и бедренной артериях составляет 8–9 м/с. Сосудистые параметры оцениваются с помощью обработки сигналов с записи пульсовых волн, основываясь на математическом уравнении. ЦАД — это давление, измеренное в крупных центральных артериях у основания аорты: ее систолический компонент ниже, чем в плечевой артерии, потому, что артериальная ригидность и отраженные волны увеличиваются, отходя от сердца (феномен амплификации). Оценка ЦАД может осуществляться с помощью записи

пульсовой волны сонной артерии или периферической артерии (лучевая, плечевая или бедренная). Непосредственная регистрация пульсовой волны над областью аорты затруднительна ввиду глубокого ее расположения. Регистрация пульсовой волны над сонной артерией считается прямым методом оценки центрального АД, т.к. пульсовая волна в сонной артерии наиболее близка по форме и амплитуде к пульсовой волне в аорте. Если пульсовая волна измеряется на уровне сонной артерии, математической обработки не требуется, так как артерия считается центральной. Если волна измеряется в периферической артерии, то проводится соответствующий математический анализ. Для измерения центрального давления может быть использован контурный анализ пульсовой волны сонной артерии. Пульсовая волна сонной артерии регистрируется с помощью аппланационного тонометра. Аппланационная тонометрия (*applanatio* – уплощение) основана на регистрации пульсовой волны при «уплощении» артерии. Помимо величины ЦАД большое значение имеет радиальный индекс аугментации ($гА1$), характеризующий отраженную систолическую волну. Этот показатель выражается в процентах и определяется как отношение разницы второго пика САД и ДАД к разнице первого пика САД и ДАД. Этот метод является технически более простым и дешевым, чем УЗИ. Однако недостатком данной методики является невозможность корректного анализа полученных данных при ожирении, атеросклеротическом поражении сонных артерий, а также при анатомических особенностях расположения артерии, не позволяющих качественно зарегистрировать пульсовую волну. В течение 10 секунд выполняется регистрация кривой давления в лучевой артерии верхней конечности с помощью аппланационного тонометра. Компьютерная обработка полученных кривых центрального давления позволяет определить параметры ЦАД: время до первого ($T1$) и второго ($T2$) систолических пиков волны. Давление на первом пике/изломе ($P1$) принимается за давление выброса, дальнейший прирост до второго пика (ΔP) означает отраженное давление, их сумма (максимальное давление во время систолы) – систолическое ЦАД. Для оценки жесткости аорты обычно используется каротидно-феморальная скорость распространения пульсовой волны (СПВкф) [14,15,16,17]. Проведенные исследования доказали, что СПВкф является независимым предиктором общей и сердечно-сосудистой смертности у больных АГ и в общей популяции в целом [4,5,8,18]. Определена связь СПВкф с возрастом, полом, величиной АД, уровнем холестерина, курением, индексом массы тела (ИМТ) и другими факторами риска сердечно-сосудистых заболеваний [9,10,19]. В соответствии с рекомендациями Американской Ассоциации Сердца (АНА) 2015г. жесткость артериальной стенки следует определять неинвазивно путем измерения СПВкф. Пороговым значением

для выявления повышенного риска сердечно-сосудистых осложнений считается величина СПВкф > 12 м/с. Определяется временная разница между началом подъема пульсовой волны на каротидной и феморальной артериях (Δt). Расстояние (D), которое проходит пульсовая волна, обычно принимается как расстояние между двумя точками регистрации. СПВ вычисляется как отношение расстояния D (в метрах) ко времени прохождения волной этого расстояния Δt (в секундах): $СПВ = D/\Delta t$. Однако необходимо учесть, что в начальном периоде сердечного цикла пульсовые волны движутся одновременно по аорте и сонной артерии в различных направлениях, поэтому значительно завышается величина D , и СПВ в аорте будет выше истинной величины более чем на 30% [20,2,6,9]. Существуют некоторые ограничения этой методики, так как регистрация кривой волны давления на бедренной артерии может быть затруднена у пациентов с метаболическим синдромом, ожирением, сахарным диабетом, и заболеваниями периферических артерий [21,17]. Японскими исследователями предложен новый показатель жесткости — сердечно-лодыжечный сосудистый индекс (CAVI). Он позволяет оценить жесткость сосудов вне зависимости от уровня АД, действующего на стенку артерии в момент регистрации пульсовой волны. Если индекс CAVI более 9, то определяется высокий риск атеросклероза коронарных артерий [22,12,23]. Ряд исследователей рекомендуют его для определения жесткости сосудов и оценки степени выраженности атеросклеротического процесса [22,21]. Однако по рекомендациям АНА (2015 г.) измерение СПВ в лодыечно-плечевом сегменте полезно при оценке и прогнозировании исходов сердечно-сосудистых заболеваний у населения Азии, так как долгосрочные исследования данного метода на территории США и Европы отсутствуют.

Пальцевая фотоплетизмография - метод анализа формы периферической пульсовой волны, который используется для оценки артериальной жесткости. Данная методика основана на прохождении инфракрасного излучения через палец и регистрации периферической пульсовой волны. Считается, что количество света прямо пропорционально объему крови, пульсирующей в пальце. Индекс отражения RI это процентное отношение высоты диастолического компонента периферической пульсовой волны к высоте систолического компонента, индекс отражает состояние тонуса мелких артерий и значение пульсовой волны отражения. Индекс ригидности SI оценивает скорость пульсовой волны крупных артерий и рассчитывается как отношение роста пациента ко времени между систолическим и диастолическими компонентами волны. Проведенные исследования доказали, что эти показатели отражают растяжимость артерий и коррелируют с тяжестью атеросклероза [10,13].

Системы суточного мониторинга артериального давления (СМАД) позволяют провести анализ формы периферической пульсовой волны, которая регистрируется на плече с помощью манжеты осциллометрическим методом низкого давления. В приборе BPLab МнСДП-3 («Петр Телегин», Россия) используется запись ЭКГ синхронно со сфигмограммой в процессе измерения АД. При этом измеряемой величиной является отрезок времени от максимума R-зубца ЭКГ до начала пульсовой волны на сфигмограмме, усредненной по всем кардиоциклам в пределах одного измерения АД. Преимуществом этого метода является простота и возможность интеграции в обычные осциллометрические приборы для измерения АД и системы суточного мониторинга АД (BpLab Vasotens). Применение СМАД позволяет оценивать не только СПВ, но и ряд новых показателей. Так, индекс жесткости артериальных сосудов (ambulatory arterial stiffness index — AASI) коррелирует с скоростью распространения ПВ по аорте, ПД, ИА. В крупном проспективном исследовании Dublin Outcome Study продемонстрировано, что этот показатель информативнее традиционных ФР для прогноза ССЗ. Нормальные значения AASI зависят от возраста и для лиц младше 20 лет должны быть ориентировочно менее 0,5, а для старшей возрастной группы — менее 0,7. Еще один перспективный показатель, который можно оценивать с помощью СМАД — индекс ригидности плечевых артерий (arterial stiffness index — ASI). Показана корреляция высоких ASI с традиционными ФР развития атеросклероза. Риск развития коронарного атеросклероза считается низким при ASI менее 80 и очень высоким при ASI более 310 [24,11,18].

Таким образом, неинвазивные методы измерения сосудистой жесткости артерий и пульсовой волны позволяют оценить риск сердечно-сосудистых осложнений. Измерение сосудистой жесткости может быть полезным в выявлении доклинического поражения органов-мишеней и оценке риска сердечно-сосудистых осложнений.

Литература

1. Адзерихо И.Э. Артериальная гипертензия: упруго-эластические свойства крупных артериальных сосудов и эффективность антигипертензивной терапии// Медицинские новости. – 2010. – №10. – С. 24-30.
2. Оттева Э.Н., Клинова Е.В., Гарбузова О.Г., Исакова В.Н. Артериальная ригидность — маркер развития сердечно-сосудистых заболеваний // Клиническая медицина.-2012.-№1.С.4-12.

3. Cecelja M., Chowienczyk P. Dissociation of aortic pulse wave velocity with risk factors for cardiovascular disease other than hypertension. a systematic review // Hypertension. -2009.- №54.- P.1328–1336.
4. Zethelius B, Berglund L, Sundstrom J, Ingelsson E, Basu S, Venge LA. Use of multiple biomarkers to improve the prediction of death from cardiovascular causes // N Engl J Med.- 2008.- № 20(358).- P.2107- 2116.
5. Ена Л.М., Артеменко В.О., Чаяло П.П. и др. Артериальная жесткость и сосудистое старение // Практическая ангиология. – 2010. - №2 (31). – С. 141-147.
6. Colin D., Jonathan N., Richard P. et al. Arterial stiffness in chronic kidney disease: causes and consequences // Heart. -2010.-№ 96.-P.817–823.
7. Орлова Я.А., Агеев Ф.Т. Жесткость артерий как предиктор сердечно-сосудистых осложнений при ишемической болезни сердца // Терапевтический архив. – 2010. - №1.– С. 68-72.
8. Ребров А.П., Никитина Н.М., Кароли Н.А., Магдеева Н.А., Харитонов И.А., Кондакова Д.А. Жесткость артерий в зависимости от наличия факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний // Терапевтический архив. – 2009. – №3.–С.54-57.
9. Диагностика и лечение артериальной гипертензии // Клинические рекомендации Российского медицинского общества по артериальной гипертензии. - 2013.
10. Рогоза А.Н. Методы неинвазивного измерения артериального давления. // Атмосфера. Новости кардиологии.-2001.-№1.- С.20-23.
11. Национальные рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ). Часть 1. Периферические артерии. – М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н.Бакулева РАМН-2010. – 176 с.
12. Laurent S, Cockcroft J, Van Bortel L, Boutourie P, Giannattasio C, Hayoz D, Pannier B, Vlachopoulos C, Wilkinson I, Struijker-Boudier H. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications // Eur Heart J.-2006.-№ 21(27).- P.2588-2605.
13. Алиева А.С., Бояринова М.А., Могучая Е.В., Колесова Е.П., Васильева Е. Ю., Солнцев В.Н., Ротарь О.П., Конради А.О. Маркеры субклинического поражения артерий в выборке жителей Санкт-Петербурга (по данным ЭССЕ-РФ) // Артериальная гипертензия.- 2015.-№ 21(3).-С.241-251.
14. Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Макарова М.А., Виллевальде С.В. Высокое Систолическое Давление: Акцент На Эластические Свойства Артерий // Кардиоваскулярная терапия и профилактика.- 2006.- № 5(6).- С.10-16.

15. Laurent S., Boutouyrie P. Recent advances in arterial stiffness and wave reflection in human hypertension// Hypertension. - 2007. - № 49. - P. 1202-1206.
16. Лукьянов М.М., Бойцов С.А. Артериальная ригидность у больных артериальной гипертонией. Современное состояние вопроса и перспективы продвижения от научных исследований к практике // Сердце. -2008. - №6(44).- С.335-340.
17. Van Bortel L.M., Laurent S., Boutouyrie P., Chowienczyk P., Cruickshank JK., De Backer T. et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity // J.Hypertens. - 2012.-№ 30.-P.445–448.
18. Herbert A, Cruickshank JK, Laurent S, Boutouyrie P. Reference Values for Arterial Measurements Collaboration. Establishing reference values for central blood pressure and its amplification in a general healthy population and according to cardiovascular risk factors // Eur Heart J.- 2014.-№ 35(44).-3122-33.
19. Nilsson P.M., Lurbe E., Laurent S. The early life origins of vascular ageing and cardiovascular risk: the EVA syndrome (review)// J. Hypertens. - 2008. -№ 26. -P.1049-1057.
20. Nilsson P.M., Boutouyrie P., Laurent S. Vascular aging: A tale of EVA and ADAM in cardiovascular risk assessment and prevention (Brief Review) // Hypertension.-2009.-№54.-P.3-10.
21. Messerli F.H., Ventura H.O., Elizardi D.G. et al. Hypertension and sudden death. Increased ventricular ectopic activity in left ventricular hypertrophy // Am.J.Med.–1984.–№ 77–P.18-22.
22. Kobayashi H, Kinou M, Takazawa K. Correlation between the brachial blood pressure values obtained using the cuff method and the central blood pressure values obtained invasively // Intern Med.- 2013.-№52(15).-P.1675-80.
23. Mitchell G.F. Effects of central arterial aging of the structure and function of the peripheral vasculature: implications for end organ damage// J. Appl. Physiol. – 2008. – Vol. 105 (5). – P. 1652-1660.
24. Котовская Ю.В., Кобалава Ж.Д. Аортальное давление: современные представления о клиническом и прогностическом значении его показателей // Медицинский совет. -2013.-№ 9.- С.26-33.