



**STUDY OF REGIONAL VASCULAR STIFFNESS OF
MUSCULAR AND ELASTIC TYPE ARTERIES IN PATIENTS
WITH ARTERIAL HYPERTENSION AND PERIPHERAL
ARTERIAL ATHEROSCLEROSIS**

Abidova N. A.

Tashkent State Medical University (TSMU)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17455395>

ARTICLE INFO

Received: 20th October 2025

Accepted: 26th October 2025

Online: 27th October 2025

KEYWORDS

*Hypertension,
atherosclerosis, vascular
stiffness, PWVcf, PWVcr, IMT,
stenosis.*

ABSTRACT

In the present study, an assessment of regional vascular stiffness of arteries of the elastic (aorta) and muscular (brachial, femoral) types was carried out in patients with arterial hypertension (AH) and atherosclerotic lesions of peripheral arteries. It was found that 73% of patients showed a clinically significant increase in aortic stiffness. The indices of pulse wave velocity (PWVcf and PWVcr) showed a significant correlation with the intima-media thickness (IMT) and the degree of stenosis of the carotid and femoral arteries. The obtained data confirm the systemic nature of vascular remodeling in the combination of AH and atherosclerosis and emphasize the necessity of a comprehensive assessment of vascular stiffness for cardiovascular risk stratification.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ СОСУДИСТОЙ ЖЕСТКОСТИ
АРТЕРИЙ МЫШЕЧНОГО И ЭЛАСТИЧЕСКОГО ТИПОВ У ПАЦИЕНТОВ
С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ И АТЕРОСКЛЕРОЗОМ
ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ АРТЕРИЙ**

Абидова Н. А.

Ташкентский Государственный медицинский университет (ТГМУ)
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17455395>

ARTICLE INFO

Received: 20th October 2025

Accepted: 26th October 2025

Online: 27th October 2025

ABSTRACT

В настоящем исследовании проведена оценка региональной сосудистой жесткости артерий эластического (аорта) и мышечного (плечевая, бедренная) типов у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) и атеросклеротическим поражением периферических артерий. Установлено, что у 73% пациентов наблюдается клинически значимое повышение аортальной жесткости. Показатели скорости пульсовой волны (СПВкф и СПВкр) достоверно коррелировали с толщиной комплекса интима-медиа (ТКИМ) и степенью стенозирования сонных и бедренных



IF = 9.2

KEYWORDS

*Гипертония,
атеросклероз, сосудистая
жесткость, СПВкф, СПВкр,
ТКИМ, стеноз.*

артерий. Полученные данные подтверждают системный характер сосудистого ремоделирования при сочетании АГ и атеросклероза и подчеркивают необходимость комплексной оценки сосудистой жесткости для стратификации сердечно-сосудистого риска.

Введение. Артериальная гипертензия (АГ) является одним из ведущих факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний и ключевым предиктором смертности, связанной с патологиями сердечно-сосудистой системы [7-9]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно около 5 миллионов человек преждевременно погибают от осложнений, ассоциированных с АГ.

Увеличение сосудистой ригидности рассматривается как одно из ранних структурно-функциональных изменений артериальной стенки, доступных для неинвазивного инструментального мониторинга [10]. По мнению ряда исследователей, индекс сосудистой жесткости является интегральным показателем, отражающим риск развития сердечно-сосудистых событий [11]. Основные факторы, способствующие повышению сосудистой жесткости, включают возраст, артериальную гипертензию, сахарный диабет, дислипидемию и другие [12-14]. Важной областью дискуссии остается влияние атеросклероза на прогрессирование артериальной ригидности. Атеросклероз и артериосклероз, воздействуя через различные патогенетические механизмы, оказывают синергетическое негативное влияние на сосудистую стенку: атеросклероз поражает преимущественно интиму, тогда как артериосклероз затрагивает медиальный слой. Изучение особенностей сосудистого ремоделирования у пациентов с сочетанием АГ и атеросклеротического поражения периферических артерий является актуальной задачей для клинической практики.

Цель исследования. Провести оценку региональной сосудистой жесткости артерий мышечного и эластического типов у пациентов с артериальной гипертензией и атеросклеротическим поражением периферических сосудов.

Материалы и методы. В исследование включены 100 пациентов с диагнозом гипертонической болезни (ГБ), из которых 55 мужчин и 45 женщин, со средним возрастом $57,2 \pm 10,3$ года. Распределение по стадиям ГБ: I стадия - 4 пациента (4%), II стадия - 36 пациентов (36%), III стадия - 60 пациентов (60%). По степени АГ: 1 степень - 48 пациентов (48%), 2 степень - 29 пациентов (29%), 3 степень - 23 пациента (23%). Средняя длительность заболевания составила 2,25 года (межквартильный размах 1,00; 7,25).

Пациенты проходили комплексное клиническое обследование с подробным сбором анамнеза. Регионарную жесткость эластических артерий оценивали посредством измерения каротидно-фemorальной скорости пульсовой волны (СПВкф), жесткость мышечных артерий - на примере плечевой артерии — определяли по каротидно-радиальной скорости пульсовой волны (СПВкр) с



использованием прибора «Нейрософт Поли-Спектр-СРПВ». Методика исследования соответствовала рекомендациям Европейского консенсуса по артериальной жесткости и Американской ассоциации сердца [1,2].

Всем пациентам проводилось ультразвуковое дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий и артерий нижних конечностей на аппарате экспертного класса «Samsung Medison ЕКО7» (Япония). Оценивали толщину комплекса интима-медиа (ТКИМ) общих сонных артерий (ОСА), общих бедренных артерий (ОБА) и поверхностных бедренных артерий (ПБА). Средняя ТКИМ ОСА (ТКИМ_{ср}) рассчитывалась по формуле:

$$\text{ТКИМ}_{\text{ср}} = (\text{ТКИМ ОСА слева} + \text{ТКИМ ОСА справа}) / 2$$

Атеросклеротической бляшкой (АСБ) считали фокальное утолщение комплекса интима-медиа более 1,5 мм либо увеличение на 0,5 мм и более по сравнению с прилежащими участками ОСА, либо превышение на 50% ТКИМ прилежащих сегментов [3]. Процент стенозирования оценивали планиметрически в В-режиме, измеряя диаметр сосуда в поперечном сечении согласно методике The European Carotid Surgery Trial (ECST) [4]. Рассчитывали суммарное значение стенозирования сонных артерий (СуммСтСА) - сумму всех стенозов с обеих сторон, а также максимальный процент стеноза у каждого пациента (МаксСтСА). Степень стенозирования артерий нижних конечностей оценивали планиметрически и с помощью доплерографических критериев гемодинамики [5,6].

Лабораторное исследование включало определение уровней общего холестерина (ОХС), триглицеридов (ТГ), холестерина липопротеинов высокой (ХС ЛПВП) и низкой плотности (ХС ЛПНП), гликозилированного гемоглобина (HbA1c), креатинина с расчетом скорости клубочковой фильтрации (СКФ) по формуле СКД-ЕРІ, а также уровня высокочувствительного С-реактивного белка (вчСРБ). Клинические характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Клинические и демографические характеристики исследуемой когорты пациентов

| Показатели | Пациенты (n=100) |
|--|------------------|
| Курение, n (%) | 26 (26%) |
| Ишемическая болезнь сердца, n (%) | 38 (38%) |
| Сахарный диабет 2 типа, n (%) | 25 (25%) |
| Хроническая сердечная недостаточность, n (%) | 40 (40%) |
| Перебегающая хромота, n (%) | 8 (8%) |
| Прием ингибиторов РААС, n (%) | 66 (66%) |
| Прием дезагрегантов, n (%) | 56 (56%) |
| Прием бета-блокаторов, n (%) | 26 (26%) |
| Прием статинов, n (%) | 34 (34%) |
| Общий холестерин, ммоль/л | 5,06±1,14 |



| | |
|--------------------------------|-----------|
| ХС ЛПНП, ммоль/л | 2,94±1,19 |
| ХС ЛПВП, ммоль/л | 1,34±0,37 |
| Триглицериды, ммоль/л | 1,79±1,00 |
| СКФ, мл/мин/1,73м ² | 60,2±14,2 |
| вчСРБ, мг/л | 3,63±4,20 |
| НбА1с, % | 5,30±1,38 |
| ТКИМср ОСА, мм | 0,98±0,19 |
| ТКИМср ОВА, мм | 0,97±0,25 |
| ТКИМср ПВА, мм | 0,75±0,24 |
| СуммСтСА, % | 28,0±21,8 |
| МаксСтСА, % | 59,3±59,7 |
| МаксСтБА, % | 21,0±20,8 |

Статистическая обработка данных выполнялась с применением программного обеспечения IBM SPSS Statistics версии 22. Для анализа количественных переменных использовали непараметрический критерий Вилкоксона-Манна-Уитни, а для категориальных переменных - критерий хи-квадрат (χ^2) [14]. Взаимосвязь между переменными оценивали с помощью корреляционного анализа по Спирмену с расчетом уровня статистической значимости и силы корреляции.

Результаты и обсуждение. Согласно данным дуплексного ультразвукового сканирования, атеросклеротические бляшки (АСБ) выявлены в сонных артериях у 71 (71%) пациента, а в артериях нижних конечностей - у 60 (60%) пациентов. У 50 (50%) обследованных наблюдалось наличие АСБ одновременно в каротидном и артериальном бассейнах нижних конечностей. Стенозирование сосудов с сужением просвета более 50% было диагностировано у 8 (8%) пациентов. Данные по показателям сосудистой жесткости представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Параметры сосудистой жесткости.

| Пол | СПВкр, м/с | СПВкф, м/с |
|---------|------------|------------|
| Мужчины | 12,5±3,45 | 12,0±2,53 |
| Женщины | 11,8±2,93 | 12,3±3,44 |
| Всего | 12,2±3,24 | 12,2±2,96 |

Доля пациентов с каротидно-фemorальной скоростью пульсовой волны (СПВкф) выше 10 м/с, что считается пороговым значением для определения прогностически значимого повышения аортальной жесткости, составила 73%. Средние значения каротидно-радиальной скорости пульсовой волны (СПВкр) также превышали 10 м/с, однако общепринятых референсных нормативов для данного показателя не установлено.



У пациентов с атеросклеротическими изменениями брахиоцефальных артерий и визуализированными атеросклеротическими бляшками (АСБ) при дуплексном сканировании отмечалось статистически значимо повышенное значение СПВкф по сравнению с группой без АСБ - $12,5 \pm 2,86$ м/с против $11,3 \pm 3,08$ м/с ($p=0,017$). Различия в показателях СПВкр между этими группами не достигли статистической значимости - $12,3 \pm 2,69$ м/с и $11,9 \pm 4,34$ м/с соответственно ($p=0,07$). Среди пациентов с атеросклеротическими изменениями в артериях нижних конечностей среднее значение СПВкф составило $12,8 \pm 2,81$ м/с, тогда как у лиц без АСБ в данном бассейне - $11,2 \pm 2,96$ м/с ($p=0,001$). Показатели СПВкр у больных с атеросклерозом артерий нижних конечностей были также достоверно выше - $12,5 \pm 2,54$ м/с по сравнению с $11,8 \pm 4,05$ м/с у пациентов без поражения ($p=0,021$). В подгруппе из 50 пациентов с АСБ в обоих сосудистых бассейнах средние значения СПВкф и СПВкр составили $12,8 \pm 2,62$ м/с и $12,5 \pm 2,39$ м/с соответственно. Эти показатели значительно превышали значения у 50 пациентов с изолированным поражением одного бассейна или отсутствием АСБ - СПВкф $11,4 \pm 3,13$ м/с ($p=0,002$) и СПВкр $11,9 \pm 3,89$ м/с ($p=0,029$). Полученные данные коррелируют с результатами исследования [15], где отмечено повышение СПВкф у пациентов с атеросклеротическим поражением различных сосудистых бассейнов (коронарного, церебрального и нижних конечностей) по сравнению с контрольной группой.

Для выявления взаимосвязей между параметрами сосудистой жесткости и ультразвуковыми маркерами тяжести атеросклеротического поражения проведён корреляционный анализ. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Корреляционные связи между показателями сосудистой жесткости и маркерами атеросклеротического поражения сосудов.

| Показатель | СПВкф | СПВкр |
|------------|----------------------------|----------------------------|
| ТКИМ ОСА | $r = 0,306$ $p = 0,002$ | $r = 0,280$ $p = 0,005$ |
| МаксСтСА | $r = 0,273$ $p = 0,006$ | $r = 0,218$ $p = 0,029$ |
| СуммСтСА | $r = 0,232$ $p = 0,020$ | $r = 0,202$ $p = 0,044$ |
| ТКИМ ОВА | $r = 0,318$ $p = 0,001$ | $r = 0,244$ $p = 0,015$ |
| ТКИМ ПВА | $r = 0,250$ $p = 0,012$ | $r = 0,276$ $p = 0,006$ |
| МаксСтБА | $r = 0,280$ $p = 0,005$ | $r = 0,255$ $p = 0,011$ |

Пояснение: ТКИМ ОСА - показатель толщины комплекса интима-медиа в общих сонных артериях; ТКИМ ОВА - показатель толщины комплекса интима-медиа в общих бедренных артериях; ТКИМ ПВА - показатель толщины комплекса



интима-медиа в поверхностных бедренных артериях; МаксСтСА - максимальная степень стенозирования сонных артерий; МаксСтБА - максимальная степень стенозирования бедренных артерий; СуммСтСА - суммарный процент стенозов сонных артерий.

Анализ результатов, представленных в таблице 3, выявил статистически значимые положительные корреляционные связи между показателем каротидно-фemorальной скорости пульсовой волны (СПВкф), отражающим жесткость крупных эластических артерий, и несколькими ультразвуковыми маркерами атеросклеротического поражения периферических сосудов. В частности, была установлена достоверная связь СПВкф с толщиной комплекса интима-медиа общих сонных артерий (ТКИМ ОСА), максимальным и суммарным процентом стеноза сонных артерий, толщиной комплекса интима-медиа общих бедренных артерий (ТКИМ ОБА), поверхностных бедренных артерий (ТКИМ ПБА), а также с максимальной степенью стенозирования бедренных артерий. Это указывает на то, что повышение жесткости эластических артерий тесно связано с тяжестью структурных изменений сосудистой стенки, обусловленных атеросклерозом, и степенью сужения сосудов в каротидном и бедренном бассейнах.

Аналогично, показатели региональной жесткости артерий мышечного типа, измеряемые посредством каротидно-радиальной скорости пульсовой волны (СПВкр), также продемонстрировали статистически значимые корреляции с теми же параметрами ультразвукового исследования: толщиной интима-медиа и степенью стенозирования сонных и бедренных артерий. Данные корреляции свидетельствуют о том, что помимо эластических сосудов, артерии мышечного типа подвержены ремоделированию и развитию жесткости в ответ на атеросклеротический процесс и артериальную гипертензию. Это подтверждает гипотезу о системном характере сосудистых изменений при данных заболеваниях, затрагивающих различные типы сосудов.

Несмотря на значимость выявленных взаимосвязей, современная научная литература демонстрирует ограниченное внимание к исследованию жесткости артерий мышечного типа у пациентов с артериальной гипертензией. В доступных публикациях отмечаются лишь единичные данные, свидетельствующие о повышении СПВкр у лиц с АГ [16]. Однако, систематических исследований, оценивающих корреляционные связи между СПВкр и количественными ультразвуковыми маркерами тяжести атеросклеротического поражения периферических сосудов, включая степень стенозирования сонных и артерий нижних конечностей, а также параметры толщины комплекса интима-медиа, практически отсутствует. Это создает пробел в понимании механизма сосудистого ремоделирования именно в сосудах мышечного типа и подчеркивает необходимость дальнейших исследований в данной области.

Таким образом, полученные данные подчеркивают важность комплексной оценки жесткости как эластических, так и мышечных артерий при ведении пациентов с артериальной гипертензией и атеросклеротическими поражениями. Углубленное изучение взаимосвязей между структурными и функциональными



изменениями сосудистой стенки позволит повысить точность прогноза сердечно-сосудистых осложнений и оптимизировать терапевтические стратегии.

Выводы.

1. В исследуемой когорте пациентов с артериальной гипертензией (АГ) и атеросклеротическим поражением периферических артерий выявлено, что у значительного большинства (73%) наблюдается прогностически неблагоприятное повышение аортальной жесткости. Это указывает на высокую степень функциональных и структурных изменений сосудистой стенки аорты, что подтверждает важность раннего выявления и мониторинга сосудистой ригидности у данной категории пациентов.
2. Независимо от локализации атеросклеротического процесса — будь то каротидный бассейн или артерии нижних конечностей — у пациентов фиксируется достоверное повышение жесткости как артерий эластического типа (например, аорта), так и артерий мышечного типа (например, плечевые и бедренные артерии). Эти данные свидетельствуют о системном характере сосудистого ремоделирования при сочетании АГ и периферического атеросклероза.
3. Увеличение аортальной жесткости, измеряемое по каротидно-фemorальной скорости пульсовой волны (СПВкф), тесно коррелирует с морфологическими признаками атеросклеротического поражения: выраженным утолщением комплекса интима-медиа (ТКИМ) в общих сонных, общих бедренных и поверхностных бедренных артериях, а также с уровнем стенозирования данных сосудов. Это указывает на взаимосвязь между структурными изменениями сосудистой стенки и функциональным ухудшением эластичности крупных артерий.
4. Жесткость артерий мышечного типа, оцениваемая с помощью каротидно-радиальной скорости пульсовой волны (СПВкр), также ассоциирована с увеличением толщины комплекса интима-медиа в сонных и бедренных артериях, а кроме того — с выраженностью стенозирующих изменений в этих сосудах. Таким образом, показатели СПВкр могут служить дополнительным маркером структурно-функциональных изменений артерий мышечного типа при АГ и атеросклерозе.

Полученные данные подчеркивают необходимость комплексной оценки сосудистой жесткости и морфологических параметров периферических артерий при диагностике и мониторинге пациентов с АГ и атеросклерозом. Комплексный подход позволит более точно оценить степень сосудистого поражения, прогнозировать риск сердечно-сосудистых событий и оптимизировать тактику лечения.

References:

1. Laurent S.L., Cockcroft J., Van Bortel L., Boutouyrie P., Giannattasio C., Hayoz D., Pannier B., Vlachopoulos C., Wilkinson I., Struijker-Boudier H. European Network for Non-invasive Investigation of Large Arteries. Expert consensus document on arterial stiffness:



methodological issues and clinical applications// Eur Heart J. 2006 Nov;27(21):2588-605.

2. Townsend R.R., Wilkinson I.B., Schiffrin E.L., Avolio A.P., Chirinos J.A., Cockcroft J.R., Heffernan K.S., Lakatta E.G., McEniery C.M., Mitchell G.F., Najjar S.S., Nichols W.W., Urbina E.M., Weber T. American Heart Association Council on Hypertension. Recommendations for Improving and Standardizing Vascular Research on Arterial Stiffness: A Scientific Statement From the American Heart Association// Hypertension. 2015 Sep;66(3):698-722.

3. Touboul P.J., Hennerici M.G., Meairs S., Adams H., Amarenco P., Bornstein N., Csiba L., Desvarieux M., Ebrahim S., Hernandez Hernandez R., Jaff M., Kownator S., Naqvi T., Prati P., Rundek T., Sitzer M., Schminke U., Tardif J.C., Taylor A., Vicaute E., Woo K.S.. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and Hamburg, Germany, 2011// Cerebrovasc Dis. 2012;34(4):290-6

4. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Randomised trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: final results of the MRC European Carotid Surgery Trial (ECST)// Lancet. 1998 May 9;351(9113):1379-87.

5. Jager K.A., Phillips D.J., Martin R.L., Hanson C., Roederer G.O., Langlois Y.E., Ricketts H.J., Strandness D.E. Jr. Noninvasive mapping of lower limb arterial lesions// Ultrasound Med Biol. 1985;11(3):515-21.

6. Куликов В.П. Основы ультразвукового исследования сосудов. - М.: Видар-М, 2015. - 392 с.

7. Lewington S., Clarke R., Qizilbash N., Peto R., Collins R. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a metaanalysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies// Lancet 2002; 360:1903-1913.

8. Britton K.A., Gaziano J.M., Djousse L. Normal systolic blood pressure and risk of heart failure in US male physicians// Eur J Heart Fail 2009; 11:1129-1134.

9. Tu K., Chen Z., Lipscombe L.L. Canadian Hypertension Education Program Outcomes Research Taskforce. Mortality among patients with hypertension from 1995 to 2005: a population-based study// CMAJ. 2008 May 20; 178(11): 1436-1440.

10. Cavalcante J.L., Lima J.A., Redheuil A., Al-Mallah M.H. Aortic stiffness: current understanding and future directions// J Am Coll Cardiol. 2011 Apr 5;57(14):1511-22.

11. Орлова Я.А., Агеев Ф.Т. Жесткость артерий как интегральный показатель сердечно-сосудистого риска: физиология, методы оценки и медикаментозной коррекции // Сердце. - 2006. - Т. 5. - № 2. - С. 65-69.

12. Albu A., Fodor D., Bondor C. et al. Arterial stiffness, carotid atherosclerosis and left ventricular diastolic dysfunction in postmenopausal women// Eur J Intern Med. 2013;24:250-254.

13. Doonan R.J., Hausvater A., Scallan C., Mikhailidis D.P., Pilote L., Daskalopoulou S.S. The effect of smoking on arterial stiffness// Hypertens Res. 2010 May;33(5):398-410.



14. Strasser B., Arvandi M., Pasha E.P., Haley A.P., Stanforth P., Tanaka H. Abdominal obesity is associated with arterial stiffness in middle-aged adults// *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2015 May; 25(5):495-502.
15. Tsuchikura S., Shoji T., Kimoto E., Shinohara K., Hatsuda S., Koyama H., Emoto M., Nishizawa Y. Central versus peripheral arterial stiffness in association with coronary, cerebral and peripheral arterial disease// *Atherosclerosis.* 2010 Aug;211(2):480-5.
16. Hua Q., Tan J., Liu D.X., Wen J., Xing X.R. The changes and impact factors of carotid-femoral and carotid-radial pulse wave velocity in patients with essential hypertension// *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi.* 2005 Dec;33(12):1088-91.