Российский кардиологический журнал 2025;30(9S):6398
doi: 10.15829/1560-4071-2025-6280
https://russjcardiol.elpub.ru

МНЕНИЕ ПО ПРОБЛЕМЕ
ISSN 1560-4071 (print)
ISSN 2618-7620 (online)

Роль пальце-плечевого индекса в оценке клинического статуса пациента

Олейников В. Э.[1], Минджи Д.[2], Авдеева И. В.[1], Кулакова Э. В.[1], Павленко К. И.[1]

Хотя понятие "поражение органов-мишеней" употребляется, прежде всего, относительно диагностики артериальной гипертензии, очевидно, что сосуды страдают при более широком спектре заболеваний. За последние 30 лет артериальная ригидность переместилась из области чисто научных интересов в клинические рекомендации. Для оценки поражения органов-мишеней широко используется лодыжечно-плечевой индекс. При ряде состояний (сахарный диабет, хроническая болезнь почек, особенно в терминальную стадию почечной недостаточности и при проведении программного гемодиализа) развивается выраженный медиакальциноз стенок артерий. В результате артерии становятся некомпрессируемыми, что приводит к ложно завышенным значениям лодыжечно-плечевого индекса (>1,4). Сосуды пальцев ног менее восприимчивы к формированию сосудистой ригидности, что делает пальце-плечевой индекс доступной альтернативой в подобной ситуации. В литературном обзоре освещена история развития пальце-плечевого индекса как метода исследования, а также предиктивная значимость и перспективы дальнейшего применения. Его использование открывает возможности для углубления и расширения представлений о патогенезе широкого спектра заболеваний, поиска и апробации методов коррекции и разработки эффективных способов профилактики.

Ключевые слова: артериальная ригидность, лодыжечно-плечевой индекс, пальце-плечевой индекс.

Отношения и деятельность. Грант РНФ 25-25-00352 "Исследование нелипидобусловленной дисфункции эндотелия с оценкой корригирующего влияния статинов".

[1]ФГБОУ ВО Пензенский государственный университет, Пенза, Россия;[2]Вторая аффилированная больница Сианьского университета Цзяотун, Сиань, Китайская Народная Республика.

Олейников В. Э.* — д.м.н., профессор, зав. кафедрой "Терапия", ORCID: 0000-0002-7463-9259, Минджи Д. — зам. директора отделения гериатрической сердечно-сосудистой медицины и зам. директора отделения общей медицины, ORCID: 0000-0002-6136-6394, Авдеева И. В. — к.м.н., доцент кафедры "Терапия", ORCID: 0000-0003-4266-5900, Кулакова Э. В. — м.н.с. научной лаборатории "Комплексные методы изучения биомеханики и электрофизиологии сердечно-сосудистой системы", ORCID: 0009-0002-9855-2948, Павленко К. И. — ассистент кафедры "Терапия", ORCID: 0009-0003-3002-5815.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): v.oleynikof@gmail.com

ДИ — доверительный интервал, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ЗАНК — заболевание артерий нижних конечностей, КТА — компьютерная томографическая ангиография, ЛПИ — лодыжечно-плечевой индекс, ОР — отношение рисков, ОШ — отношение шансов, ППИ — пальце-плечевой индекс, СД — сахарный диабет, СДС — синдром диабетической стопы, СПВ — скорость пульсовой волны, ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания, ХБП — хроническая болезнь почек, MACE — крупные неблагоприятные сердечно-сосудистые события.

Рукопись получена 25.05.2025
Рецензия получена 25.06.2025
Принята к публикации 04.07.2025

CC BY 4.0

Для цитирования: Олейников В. Э., Минджи Д., Авдеева И. В., Кулакова Э. В., Павленко К. И. Роль пальце-плечевого индекса в оценке клинического статуса пациента. *Российский кардиологический журнал.* 2025;30(9S):6398. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6398. EDN: EIOXYH

Role of the toe-brachial index in assessing the patient's clinical status

Oleynikov V. E.[1], Mindzhi D.[2], Avdeeva I. V.[1], Kulakova E. V.[1], Pavlenko K. I.[1]

Although the term "target organ damage" is used primarily in relation to the diagnosis of hypertension, the fact that vessels are involved in a wider range of diseases is beyond doubt. Over the past 30 years, arterial stiffness has moved from the area of scientific interest to clinical guidelines. The ankle-brachial index is widely used to assess target organ damage. In a number of conditions (diabetes, chronic kidney disease, especially in the end-stage renal failure and hemodialysis), severe medial calcification of the arterial walls develops. As a result, the arteries become non-compressible, which leads to falsely elevated ankle-brachial index (>1,4). Toe vessels are less susceptible to vascular stiffness, which makes the toe-brachial index an accessible alternative in such a situation. The literature review highlights the history of toe-brachial index development as a research method, as well as the predictive value and prospects for further application. Its use offers opportunities for deepening and expanding understanding of the pathogenesis of a wide range of diseases, searching for and testing correction methods and developing effective prevention methods.

Keywords: arterial stiffness, ankle-brachial index, toe-brachial index.

Relationships and Activities. Grant of the Russian Science Foundation 25-25-00352 "Study of non-lipid-mediated endothelial dysfunction with an assessment of statin effect".

[1]Penza State University, Penza, Russia; [2]The Second Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an, People's Republic of China.

Oleynikov V. E.* ORCID: 0000-0002-7463-9259, Mindzhi D. ORCID: 0000-0002-6136-6394, Avdeeva I. V. ORCID: 0000-0003-4266-5900, Kulakova E. V. ORCID: 0009-0002-9855-2948, Pavlenko K. I. ORCID: 0009-0003-3002-5815.

*Corresponding author: v.oleynikof@gmail.com

Received: 25.05.2025 **Revision Received:** 25.06.2025 **Accepted:** 04.07.2025

For citation: Oleynikov V. E., Mindzhi D., Avdeeva I. V., Kulakova E. V., Pavlenko K. I. Role of the toe-brachial index in assessing the patient's clinical status. *Russian Journal of Cardiology*. 2025;30(9S):6398. doi: 10.15829/1560-4071-2025-6398. EDN: EIOXYH

Ключевые моменты

- Доказательная база в отношении лодыжечно-плечевого индекса формируется несколько десятилетий, необходимость его измерения освещена во многих клинических рекомендациях. Однако он оказался малоинформативен у пациентов с выраженной артериальной жёсткостью, поскольку не позволяет обнаружить артериосклероз на ранней стадии развития, кроме того, даже в конечностях с нормальным индексом возможно развитие микрососудистой дисфункции.
- Назрела необходимость поиска нового инструмента для оценки кровотока в артериях нижних конечностей. Сосуды пальцев ног менее восприимчивы к формированию сосудистой ригидности, что делает пальце-плечевой индекс доступной альтернативой в подобной ситуации.
- В связи с вероятностью значительного уплотнения артерий нижних конечностей предиктивная значимость лодыжечно-плечевого индекса может быть снижена, в то время как оценка пальце-плечевого индекса подобных ограничений практически не имеет.

Key messages

- The evidence base for the ankle-brachial index has been forming for several decades, and the need for its measurement is covered in many clinical guidelines. However, it turned out to be uninformative in patients with severe arterial stiffness, since it does not allow to detect early arteriosclerosis; in addition, even in limbs with a normal index, microvascular dysfunction may develop.
- There is a pressing need to find a new tool for assessing blood flow in lower limb arteries. Toe vessels are less susceptible to vascular stiffness, which makes the toe-brachial index an accessible alternative in such a situation.
- Due to the likelihood of the significant compaction of lower limb arteries, the predictive value of ankle-brachial index may be reduced, while the assessment of toe-brachial index has virtually no such limitations.

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) остаются серьёзным бременем среди хронической неинфекционной патологии, представляя значительную опасность для жизни и здоровья населения развитых стран, ухудшая качество и снижая продолжительность жизни. Хотя понятие "поражение органов-мишеней" употребляется, прежде всего, относительно диагностики артериальной гипертензии, очевидно, что сосуды страдают при более широком спектре заболеваний. Главным интегральным показателем, характеризующим состояние сосудистой стенки, считают ее жесткость. За последние 30 лет артериальная ригидность переместилась из области чисто научных интересов в клинические рекомендации [1, 2].

Было показано, что сосудистая жесткость возрастает у пациентов с сахарным диабетом (СД) 1 и 2 типа, по сравнению со здоровыми людьми того же возраста; более того, ригидность повышается уже на стадии нарушения толерантности к глюкозе, раньше появления симптомов ССЗ [3].

В терапевтической практике для оценки поражения органов-мишеней, преимущественно при артериальной гипертензии, наибольшее внимание уделяется оценке скорости пульсовой волны (СПВ), однако для диагностики заболеваний артерий нижних конечностей (ЗАНК), в частности синдрома диабетической стопы (СДС), широко используется лодыжечно-плечевой индекс (ЛПИ)[1]. Одним из самых доступных методов для его измерения является ультразвуковая допплерография артерий нижних конечностей, но при поражении дистальной формы изменения типа кровотока с помощью этой методики не фиксируются [4]. Поэтому предложен ряд дополнительных неинвазивных методик для оценки кровотока в дистальных отделах нижних конечностей, в первую очередь измерение пальце-плечевого индекса (ППИ). Он представляет собой отношение систолического артериального давления на большом пальце ноги к давлению, измеренному на плечевой артерии. Одним из наиболее простых методов оценки является осциллометрия, например, в приборах для проведения объёмной сфигмографии [5]. Поскольку ППИ не внедрён в рутинную клиническую практику, в обзоре рассматриваются основные аспекты его применения и диагностическая ценность.

История развития ППИ как метода исследования

Все методы диагностики ЗАНК можно разделить на неинвазивные и инвазивные. Использование компьютерной томографической ангиографии (КТА) или магнитно-резонансной ангиографии, безусловно, позволяет визуализировать пораженный участок, однако данные методики имеют ряд существенных ограничений как организационного характера, так и связанных с наличием у пациентов противопоказаний для проведения исследований. Напротив, неинвазивные методи-

[1] Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей, 2019. https://www.angiolsurgery.org/library/recommendations/2019/ recommendations_LLA_2019.pdf.

ки более широко распространены и активно используются, в частности, при проведении скрининга [6].

Доказательная база в отношении ЛПИ формируется несколько десятилетий, необходимость его измерения освещена во многих клинических рекомендациях [1, 7, 8]. Учитывая высокую клиническую ценность его оценки, очевидно, что он широко используется в реальной практике. Однако ЛПИ оказался малоинформативен у пациентов с выраженной артериальной жёсткостью, он не позволяет обнаружить артериосклероз на ранней стадии развития, кроме того, даже в конечностях с нормальным ЛПИ возможно развитие микрососудистой дисфункции [9, 10]. Кроме того, у ряда пациентов с СД, хронической болезнью почек (ХБП), особенно в терминальную стадию почечной недостаточности и при проведении программного гемодиализа, развивается выраженный медиакальциноз стенок артерий. В результате этого артерии становятся некомпрессируемыми, что приводит к ложно завышенным значениям ЛПИ (>1,4) [11].

В связи с этим назрела необходимость поиска нового инструмента для оценки кровотока в артериях нижних конечностей. Сосуды пальцев ног менее восприимчивы к формированию сосудистой ригидности, что делает ППИ доступной альтернативой в подобной ситуации [4]. Ухудшение кровоснабжения нижней конечности закономерно приводит к снижению систолического давления в большом пальце стопы, вследствие чего при ЗАНК регистрируются сниженные значения ППИ по сравнению с общей популяцией [12]. Считается, что ППИ отражает давление на капиллярном уровне, поэтому он обладает большей точностью при сочетании ЗАНК и СД, чем ЛПИ.

В доступной литературе нормальные значения ППИ варьируют от 0,49 до 1,22 со средними величинами 0,71-0,95 в зависимости от метода оценки (допплеровское сканирование, осциллометрическая плетизмография, фотоплетизмография, тензометрическая плетизмография) [13]. Существенным недостатком ранних исследований является отсутствие данных визуализирующих методик, которые позволили бы с полной уверенностью исключить атеросклеротическое поражение нижних конечностей и выделить абсолютно здоровых лиц в группу контроля, поскольку у большого количества пациентов ЗАНК может протекать бессимптомно. Кроме того, некоторые авторы использовали предварительное нагревание конечностей. Отсутствие предварительного нагрева может частично объяснить относительно низкие показатели ППИ [13].

В пилотных исследованиях предпринимались попытки провести переоценку нормальных показателей у молодых лиц (в выборке из 73 здоровых молодых добровольцев в возрасте 24,3±2,0 лет средний показатель ППИ составил 0,97 для мужчин и 0,95 для женщин) [14]. Поскольку в большинстве исследований референтное значение 0,71 было оценено как нижний предел нормы на основе взвешенного среднего, величина показателя ⩽0,70 является основанием для постановки диагноза ЗАНК [4, 13]. Однако очевидно, что оценка должна проводиться комплексно, поскольку установлено, что даже у молодых людей ППИ <0,7 не всегда указывает на сосудистые нарушения [15].

Внедрение любой новой методики неизменно сопряжено с выявлением диагностической точности полученных результатов, их чувствительности и специфичности. Так, по данным крупного метаанализа (44 исследования, 1612 пациентов), чувствительность ЛПИ при обнаружении стеноза ⩾50% составила 61% (95% доверительный интервал (ДИ): 55-69), специфичность — 92% (95% ДИ: 89-95). ППИ продемонстрировал чувствительность 81% (95% ДИ: 70-94), специфичность 77% (95% ДИ: 66-90). При прямом сравнении семи исследований, совместно анализирующих ЛПИ и ППИ, ППИ показал лучшую общую диагностическую точность за счет чувствительности (82% vs 52%), в то время как специфичность (77% vs 94%) была хуже для ППИ, чем для ЛПИ [16].

Пилотное исследование с участием 175 пациентов, страдающих СД 2 типа (измерения проводились с помощью сосудистого допплера), продемонстрировало более низкую чувствительность ЛПИ — 35,29% (95% ДИ: 0,21-0,52) по сравнению с ППИ, составившую 82,35% (95% ДИ: 0,66-0,92). Однако специфичность оказалась схожей. При сравнении результатов с данными КТА (за критерий диагноза ЗАНК принимали наличие стеноза >50%) с использованием каппы Коэна надежность ЛПИ относительно КТА показала удовлетворительное согласие (K=0,225, p=0,001), тогда как надежность ППИ показала существенное согласие (K=0,759, p<0,0001) [17]. Это позволило авторам сделать вывод, что наличие ЗАНК у пациентов с нормальным ЛПИ (0,9-1,3) может быть подтверждено с помощью ППИ, который сильно коррелирует с результатами КТА. В уже упоминавшемся исследовании также были показаны корреляции ППИ с ангиографическими результатами [15].

В клинической практике методика может быть интересна не только в качестве скринингового метода. Рядом исследователей оценивалась взаимосвязь ППИ и степени выраженности перемежающейся хромоты с выявлением сильной положительной корреляции с дистанцией в тесте 6-мин ходьбы [12].

Предиктивная значимость ППИ

Не менее интересной является оценка прогностической ценности получаемых результатов. Давно доказана связь артериальной ригидности с неблагоприятными исходами среди различных популяций пациентов, в частности, при артериальной гипертензии и СД [18, 19]. Однако в связи с вероятностью значительного уплотнения артерий нижних конечностей при СД предиктивная значимость ЛПИ может быть снижена, в то время как оценка ППИ подобных ограничений практически не имеет.

В проспективном наблюдательном когортном исследовании CARDIPP показано, что низкий показатель ППИ прогнозирует повышенный риск крупных небла-

гоприятных сердечно-сосудистых событий (MACE) независимо от артериальной жесткости у пациентов с СД 2 типа [20]. Более того, в отношении ППИ показана линейная связь со смертностью от ССЗ независимо от статуса диабета [21]. В исследовании, проведённом среди 1697 пациентов с острым нарушением мозгового кровообращения, ППИ по данным многофакторной логистической регрессии продемонстрировал обратную связь с неблагоприятным исходом у всех пациентов (отношение шансов (ОШ) 0,294, 95% ДИ: 0,114-0,759), в т.ч. у лиц с нормальным ЛПИ (ОШ 0,293, 95% ДИ: 0,095-0,906). В многофакторной регрессии Кокса ППИ <0,6 был связан с рецидивом инсульта (отношение рисков (ОР) 1,651, 95% ДИ: 1,135-2,400), смертностью от всех причин (ОР 2,105, 95% ДИ: 1,343-3,298) и MACE (ОР 1,838, 95% ДИ: 1,396-2,419) у всех пациентов. ППИ <0,6 также ассоциировался с рецидивом острого нарушения мозгового кровообращения (ОР 1,681, 95% ДИ: 1,080-2,618), смертностью от всех причин (ОР 2,075, 95% ДИ: 1,180-3,651) и MACE (ОР 1,619, 95% ДИ: 1,149-2,281) у пациентов с нормальным ЛПИ [22].

Ретроспективное когортное исследование у пациентов с ЗАНК показало, что давление в артериях пальцев ног и ППИ являются сильными предикторами сердечно-сосудистой смертности и должны регулярно измеряться, несмотря на преобладающую локализацию заболевания или клиническую картину [23].

Поскольку изучение ППИ как метода исследования было тесно связано с ХБП, то, несомненно, интересны перспективы его применения у этой категории больных. В проспективном исследовании с участием 200 человек, наблюдавшихся в течение 6 лет, было выявлено, что снижение ППИ и ЛПИ ассоциировалось с повышенным риском ССЗ и смертности от всех причин, независимо от традиционных факторов риска при СД 2 типа и микроальбуминурии [24]. Ещё одно проспективное когортное исследование, включавшее 471 пациента с клиническим подозрением на ЗАНК, продемонстрировало, что высокое значение разницы ЛПИ-ППИ может быть связано с более высоким риском смертности у лиц с ХБП и нормальным ЛПИ. Хотя на эту связь оказал влияние возраст, авторы сочли данное направление перспективным для дальнейшего изучения в более крупных группах больных [25]. ППИ продемонстрировал более сильную ассоциацию, чем ЛПИ, с альбуминурией и скоростью клубочковой фильтрации у 390 пациентов с СД 2 типа [26]. Как уже указывалось ранее, у пациентов, подвергающихся процедуре программного гемодиализа, ЛПИ может быть недостаточно информативен из-за высокой распространенности кальцификации артериальной медии. Исследование 37 гемодиализных пациентов показало самую высокую смертность у пациентов с низкими ЛПИ и ППИ. У лиц с ППИ <0,7 был повышен риск смертности от всех причин. При этом разница ЛПИ-ППИ и сам ЛПИ не были значимо связаны со смертностью от всех причин [27].

Распространенной проблемой среди пациентов с СДС является ишемическая болезнь сердца (ИБС). В связи с этим проводилось изучение возможностей ППИ для диагностики (в частности, скрининговой) поражения коронарных сосудов. Оценивали взаимосвязь между параметрами эхокардиографии и ППИ [28]. У 62 пациентов с СДС проводилось исследование глобальной продольной деформации левого желудочка для подтверждения ИБС. ППИ показал значительную связь с ИБС: каждое его увеличение на 0,01 ассоциировалось с 15%-м снижением шансов развития ИБС (ОШ 0,85, 95% ДИ: 0,72-0,99, p=0,039). Кроме того, при оценке диагностической ценности методом ROC-анализа ППИ продемонстрировал площадь под кривой 0,854, чувствительность 80,0% и специфичность 66,7% при пороговом значении 0,69. Несомненное ограничение данного наблюдения — отсутствие визуализирующих методик для детализации состояния коронарных артерий. Авторы сочли возможным использовать результаты Alaika O, et al., которые продемонстрировали более низкие показатели глобальной продольной деформации у пациентов со стенозом 70% (группа ИБС+) и более по результатам коронарографии у лиц с СД, поскольку у ряда подобных пациентов даже при наличии гемодинамически значимых стенозов может отсутствовать клиническая симптоматика [29].

Учитывая большую клиническую значимость изучения артериальной ригидности у широкого спектра лиц, роль ППИ исследуется не только при ЗАНК и СДС. Так, показано, что среди эутиреоидных пациентов в возрасте от 18 до 65 лет без диагностированного заболевания щитовидной железы существуют некоторые значимые корреляции между объемом щитовидной железы и признаками субклинической сердечно-сосудистой дисфункции, такими как ЛПИ и ППИ [30]. При ряде васкулитов (например, гигантоклеточном артериите) также может развиваться ишемия нижних конечностей. В подобных случаях оценка СПВ, ЛПИ и ППИ, как часть неинвазивной диагностики, может сыграть значительную роль в дифференциации атеросклеротического поражения и васкулита [31].

Ещё одна группа пациентов, находящихся на острие внимания врачей различных специальностей, — лица, получающие химиотерапию. На примере ограниченной популяции пациентов (147 человек) было показано, что периферическая нейропатия, вызванная химиотерапией, с большей вероятностью приведет к появлению аномальных пульсовых волн, определяемых с помощью фотоплетизмографии (в комплексное исследование входила оценка ЛПИ и ППИ), чем ЗАНК [32].

Перспективы дальнейшего применения ППИ

Какие же методы определения ППИ в настоящее время доступны в нашей стране? На отечественном рынке представлен прибор VaSera-2000 ("Fukuda Denshi", Япония), который позволяет проводить оценку ППИ вместе с другими параметрами артериальной ригидно-

сти: сердечно-сосудистый индекс, ЛПИ. Для расчёта СПВ по артериям различного типа, которые оценивались в предыдущих версиях VaSera, предложены специальные формулы [33, 34]. Модель с опцией определения ППИ недавно стала доступной в нашей стране, однако, учитывая дистрибьюцию в России, перспективы её использования обнадёживают [35]. Технически исследование можно проводить с помощью фотоплетизмографии, лазерной допплерографии, непрерывной волновой допплерографии, сфигмоманометров (осциллометрически) [36]. Вокруг первого (чаще), второго или третьего пальца стопы оборачивают манжету для измерения систолического артериального давления. В большинстве международных публикаций рекомендуется его пороговое значение <30 до <50 мм рт.ст. в качестве индикатора тяжелой ишемии конечностей (ЗАНК, в частности прогрессирующая хроническая ишемия, угрожающая конечностям или способности к заживлению ран) [37-39]. Также на палец помещают датчик (фотоплетизмографический, допплеровский или лазерный) для детекции кровотока. В модели VaSera-2000 дополнительного наложения датчика не требуется. Фотоплетизмография как метод определения ППИ при ЛПИ на границе нормального значения (0,91 или 1,30), а также выше нормального (>1,30), также указана в национальном руководстве Российской Федерации по функциональной диагностике [40].

К сожалению, в настоящее время оценка ППИ ограничивается преимущественно пациентами с ЗАНК различного генеза, не находя широкого применения в клинической практике. Однако дальнейшее изучение параметров, которые характеризуют ремоделирование сосудов, невозможно переоценить. Так, у пациентов, получающих химиотерапию, широко описывается кардиотоксичность и крайне мало исследований, изучающих васкулотоксические эффекты лечения. В их основе лежат окислительное повреждение эндотелиальных клеток, апоптоз эндотелиоцитов и дисфункция эндотелия, ведущие к артериальной ригидности и дальнейшему каскаду сердечно-сосудистой патологии [41-43].

Ещё одна возможная сфера использования ППИ как компонента оценки сосудистой ригидности — это выявление степени поражения артерий при системных васкулитах. В действующих клинических рекомендациях диагностический алгоритм крайне мало описывает изучение собственно артерий и их изменений, хотя в ряде случаев указывается важность проведения дуплексного ультразвукового сканирования и других методов, которые позволяют установить диагноз на ранней стадии заболевания, когда наблюдается лишь утолщение сосудистой стенки[2].

Одна из областей *terra incognita* современной медицины, требующая мультидисциплинарного подхода, — синдром капиллярной утечки [44, 45]. В настоящее время его определяют как прогрессирующее патологическое нарастание капиллярной проницаемости, ведущее к потере жидкой части крови в интерстициальный сектор внеклеточного водного пространства, с дальнейшим развитием гиповолемии, гипоперфузии органов и тканей, затруднением транспорта кислорода и быстрым формированием полиорганной дисфункции. Чаще всего синдром развивается в условиях критических состояний (сепсис, шок, ожоги, респираторный дистресс-синдром). Возникновение капиллярной утечки непосредственно связано с нарушением функции сосудистого эндотелия, ассоциированным с иммунными реакциями и рядом медиаторов воспаления (цитокины, активные протеазы, свободные радикалы). Иммунные механизмы реализуются через цитолиз, опосредованный комплементом, вовлекающий клетки и иммунные комплексы, которые фиксированы на эндотелии или базальной мембране стенок сосудов. В итоге развивается генерализованный септический васкулит.

Заключение

Имеющиеся диагностические методы направлены в основном на выявление органических изменений в сосудах, в то время как оценка эндотелиальной дисфункции и артериальной ригидности (и ППИ в их числе) может быть использована для раннего выявления структурно-функциональных изменений артерий при многих не ССЗ. Это открывает возможности для углубления и расширения представлений о патогенезе широкого спектра заболеваний, поиска и апробации методов коррекции и разработки эффективных способов профилактики.

Отношения и деятельность. Грант РНФ 25-25-00352 "Исследование нелипидобусловленной дисфункции эндотелия с оценкой корригирующего влияния статинов".

[2] Системные васкулиты. Клинические рекомендации РФ 2013-2017 (Россия). https://diseases. medelement.com/disease.

Литература/References

1. Kobalava ZhD, Konradi AO, Nedogoda SV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Hypertension in adults. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(9):6117. (In Russ.) Кобалава Ж.Д., Конради А.О., Недогода С.В. и др. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(9):6117. doi:10.15829/1560-4071-2024-6117.
2. Vasyuk YuA, Ivanova SV, Shkolnik EL, et al. Consensus of Russian experts on the evaluation of arterial stiffness in clinical practice. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2016;15(2):4-19. (In Russ.) Васюк Ю.А., Гендлин Г.Е., Емелина Е.И. и др. Согласованное мнение Российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016;15(2):4-19. doi:10.15829/1728-8800-2016-2-4-19.
3. Prenner SB, Chirinos JA. Arterial stiffness in diabetes mellitus. Atherosclerosis. 2015;238(2):370-9. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2014.12.023.
4. Mazzolai L, Teixido-Tura G, Lanzi S, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases. Eur Heart J. 2024;45(36):3538-700. doi:10.1093/eurheartj/ehae179.
5. Harrison ML, Hsin-Fu L, Blakely DW, et al.Preliminary assessment of an automatic screening device for peripheral arterial disease using ankle–brachial and toe–brachial indices. Blood Pressure Monitoring. 2011;16(3):138-41. doi:10.1097/MBP.0b013e328346a839.
6. Nirala N, Periyasamy R, Kumar A. Non invasive diagnostic methods for better screening of peripheral arterial disease. Ann Vasc Surg. 2018;52:263-72. doi:10.1016/j.avsg.2018.03.018.

7. Gavrilova NE, Zhatkina MV. Ankle-brachial index: extension of diagnostic area. CARDIOLOGY: news, opinions, training. 2017;3:47-50. (In Russ.) Гаврилова Н. Е., Жаткина М. В. Лодыжечно-плечевой индекс: расширение диагностических возможностей. Кардиология: новости, мнения, обучение. 2017;3:47-50.
8. Boytsov SA, Pogosova NV, Ansheles AA, et al. Cardiovascular prevention 2022. Russian national guidelines. Russian Journal of Cardiology. 2023;28(5):5452. (In Russ.) Бойцов С. А., Погосова Н. В., Аншелес А. А. и др. Кардиоваскулярная профилактика 2022. Российские национальные рекомендации. Российский кардиологический журнал. 2023;28(5):5452. doi:10.15829/1560-4071-2023-5452.
9. Arora E, Korada H, Devasia T, et al. Profile of Peripheral Arterial Disease in Type 2 Diabetes Mellitus — A Hospital-based observational study in Coastal Karnataka. Diabetes mellitus. 2020;23(4):324-8. doi:10.14341/DM12260.
10. Davidson BP, Hodovan J, Mason O'NR, et al. Limb Perfusion During Exercise Assessed by Contrast Ultrasound Varies According to Symptom Severity in Patients with Peripheral Artery Disease. J Am Soc Echocardiogr. 2019;32(9):1086-94.e3. doi:10.1016/j.echo.2019.05.001.
11. Chen J, He H, Starcke CC, et al. Accuracy of Ankle-Brachial Index, Toe-Brachial Index, and Risk Classification Score in Discriminating Peripheral Artery Disease in Patients With Chronic Kidney Disease. Am J Cardiol. 2021:160:117-23. doi:10.1016/j.amjcard.2021.08.046.
12. Arora E, Yadav H, Maiya GA, et al. Correlation between toe brachial index and walking ability in peripheral arterial disease with type 2 diabetes mellitus. Bull Fac Phys Ther. 2023;28:44. doi:10.1186/s43161-023-00155-6.
13. Høyer C, Sandermann J, Petersen LJ. The toe-brachial index in the diagnosis of peripheral arterial disease. J Vasc Surg. 2013;58(1):231-8. doi:10.1016/j.jvs.2013.03.044.
14. Quong WL, Ting-Hei Fung A, Yu RY, et al. Reassessing the normal toe-brachial index in young healthy adults. Journal of Vascular Surgery. 2016;63(3):652-6. doi:10.1016/j.jvs.2015.09.019.
15. Watanabe Y, Masaki H, Yunoki Y, et al. Ankle-Brachial Index, Toe-Brachial Index, and Pulse Volume Recording in Healthy Young Adults. Ann Vasc Dis. 2015;8(3):227-35. doi:10.3400/avd.oa.15-00056.
16. Herraiz-Adillo Á, Cavero-Redondo I, Álvarez-Bueno C, et al. The accuracy of toe brachial index and ankle brachial index in the diagnosis of lower limb peripheral arterial disease: A systematic review and meta-analysis. Atherosclerosis. 2020;315:81-92. doi:j.atherosclerosis.2020.09.026.
17. Singhania P, Das TC, Bose C, et al. Toe brachial index and not ankle brachial index is appropriate in initial evaluation of peripheral arterial disease in type 2 diabetes. Diabetol Metab Syndr. 2024;16(1):52. doi:10.1186/s13098-024-01291-2.
18. Maichuk EYu, Voevodina IV, Vyzhigin DA. Arterial stiffness and comorbid pathology. Therapy. 2020;2:123-30. (In Russ.) Майчук Е. Ю., Воеводина И. В., Выжигин Д. А. Артериальная ригидность и коморбидная патология. Терапия. 2020;2:123-30. doi:10.18565/therapy.2020.2.123-130.
19. Gapon LI. Hypertension and arterial wall stiffness in clinical practice: literature review. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(5):5924. (In Russ.) Гапон Л. И. Артериальная гипертония и жесткость артериальной стенки в клинической практике: обзор литературы. Российский кардиологический журнал. 2024;29(5):5924. doi:10.15829/1560-4071-2024-5924.
20. Chisalita SI, Wijkman M, Davidson LT, et al. Toe brachial index predicts major acute cardiovascular events in patients with type 2 diabetes independently of arterial stiffness. Diabetes Res Clin Pract. 2020;161:108040. doi:10.1016/j.diabres.2020.108040.
21. Hyun S, Forbang NI, Allison MA, et al. Ankle-brachial index, toe-brachial index, and cardiovascular mortality in persons with and without diabetes mellitus. J Vasc Surg. 2014;60(2):390-5. doi:10.1016/j.jvs.2014.02.008.
22. Han M, Kim YD, Lee I, et al. Low Toe-Brachial Index Is Associated With Stroke Outcome Despite Normal Ankle-Brachial Index. Front Neurol. 2021;12:754258. doi:10.3389/fneur.2021.754258.
23. Koivunen V, Juonala M, Venermo M, et al. Toe pressure and toe brachial index are predictive of cardiovascular mortality regardless of the most diseased arterial segment in symptomatic lower-extremity artery disease-A retrospective cohort study. PLoS One. 2021;16(11):e0259122. doi:10.1371/journal.pone.0259122.
24. Zobel EH, von Scholten BJ, Reinhard H, et al. Toe-brachial index as a predictor of cardiovascular disease and all-cause mortality in people with type 2 diabetes and microalbuminuria. Diabetologia. 2017;60(10):1883-91. doi:10.1007/s00125-017-4344-x.
25. Kamath TP, Prasad R, Allison MA, et al. Association of Ankle-Brachial and Toe-Brachial Indexes With Mortality in Patients With CKD. Kidney Med. 2020;2(1):68-75. doi:10.1016/j.xkme.2019.11.001.
26. Fukui M, Tanaka M, Hamaguchi M, et al. Toe-brachial index is associated more strongly with albuminuria or glomerular filtration rate than ankle-brachial index in patients with type 2 diabetes. Hypertens Res. 2012;35(7):745-9. doi:10.1038/hr.2012.16.
27. Prasad R, Kamath T, Ginsberg C, et al. The association of the ankle-brachial index, the toe-brachial index, and their difference, with mortality and limb outcomes in dialysis patients. Hemodial Int. 2019;23(2):214-22. doi:10.1111/hdi.12734.
28. Moayerifar M, Moayerifar M, Mirdamadi A, et al. Integrating Toe Brachial Index and longitudinal strain echocardiography for detecting coronary artery disease in patients with diabetic foot syndrome. Int Wound J. 2024;21(8):e70026. doi:10.1111/iwj.70026.
29. Alaika O, Jamai S, Doghmi N, et al. Diagnostic Accuracy of Global Longitudinal Strain for Detecting Significant Coronary Artery Disease in Diabetic Patients without Regional Wall Motion Abnormality. J Saudi Heart Assoc. 2020;32(3):425-33. doi:10.37616/2212-5043.1096.
30. Jakubiak GK, Pawlas N, Morawiecka-Pietrzak M, et al. Relationship of Thyroid Volume and Function with Ankle-Brachial Index, Toe-Brachial Index, and Toe Pressure in Euthyroid People Aged 18-65. Medicina (Kaunas). 2024;60(9):1445. doi:10.3390/medicina60091445.
31. Sigl M, Hsu E, Scheffel H, et al. Lower extremity vasculitis in giant cell arteritis: important differential diagnosis in patients with lower limb claudication. Vasa. 2014;43(5):326-36. doi:10.1024/0301-1526/a000370.
32. Bryce Y, Santos-Martin E, Ziv E, et al. Abnormal photoplethysmography waveforms are associated with chemotherapy induced neuropathy. Vasa. 2022;51(2):85-92. doi:10.1024/0301-1526/a000987.
33. Budoff MJ, Alpert B, Chirinos JA, et al. Clinical Applications Measuring Arterial Stiffness: An Expert Consensus for the Application of Cardio-Ankle Vascular Index. Am J Hypertens. 2022;35(5):441-53. doi:10.1093/ajh/hpab178.
34. Asmar R, Stergiou G, de la Sierra A. Blood pressure measurement and assessment of arterial structure and function: an expert group position paper. J Hypertens. 2024;42(9):1465-81. doi:10.1097/HJH.0000000000003787.
35. Chang CW, Sung YW, Huang YT, et al. Better Detection of Peripheral Arterial Disease with Toe-Brachial Index Compared to Ankle-Brachial Index among Taiwanese Patients with Diabetic Kidney Disease. J Clin Med. 2023;12(23):7393. doi:10.3390/jcm12237393.
36. Tehan PE, Mills J, Leask S, et al. Toe-brachial index and toe systolic blood pressure for the diagnosis of peripheral arterial disease. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2024;10(10):CD013783. doi:10.1002/14651858.CD013783.pub2.
37. Zhan LX, Branco BC, Armstrong DG, et al. The Society for Vascular Surgery lower extremity threatened limb classification system based on Wound, Ischemia, and foot Infection (WIfI) correlates with risk of major amputation and time to wound healing. J Vasc Surg. 2015;61(4):939-44. doi:10.1016/j.jvs.2014.11.045.
38. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C, et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients With Lower Extremity Peripheral Artery Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. Circulation. 2017;135(12):e686-e725. doi:10.1161/CIR.0000000000000470.
39. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MEL, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteriesEndorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur Heart J. 2018;39(9):763-816. doi:10.1093/eurheartj/ehx095.
40. Functional diagnostics: national guidelines. Edited by Beresten NF, Sandrikov VA, Fedorova SI. Moscow: GEOTAR-Media, 2019. 784 p. (In Russ.) Функциональная диагностика: национальное руководство / под ред. Н. Ф. Берестень, В. А. Сандрикова, С. И. Федоровой. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019. 784 с. ISBN: 978-5-9704-4242-5.
41. Vasyuk YuA, Gendlin GE, Emelina EI, et al. Consensus statement of Russian experts on the prevention, diagnosis and treatment of cardiotoxicity of anticancer therapy. Russian Journal of Cardiology. 2021;26(9):4703. (In Russ.) Васюк Ю. А., Гендлин Г. Е., Емелина Е. И. и др. Согласованное мнение Российских экспертов по профилактике, диагностике и лечению сердечно-сосудистой токсичности противоопухолевой терапии. Российский кардиологический журнал. 2021;26(9):4703. doi:10.15829/1560-4071-2021-4703.
42. Satalkina TS, Brodskaya TA, Geltser BI, et al. Arterial stiffness and 24-hour blood pressure profile in women with breast cancer before and after chemotherapy with doxorubicin and cyclophosphamide. Russian Journal of Cardiology. 2025;30(2):5920. (In Russ.) Саталкина Т. С., Бродская Т. А., Гельцер Б. И. и др. Показатели артериальной жесткости и суточного профиля артериального давления у женщин с раком молочной железы до и после химиотерапии доксорубицином и циклофосфамидом. Российский кардиологический журнал. 2025;30(2):5920. doi:10.15829/1560-4071-2025-5920.
43. Brodskaya TA, Geltser BI, Satalkina TS, et al. Arterial hypertension and breast cancer in women: mechanisms of comorbidity and iatrogenic disease. "Arterial'naya Gipertenziya" ("Arterial Hypertension"). 2022;28(2):147-56. (In Russ.) Бродская Т. А., Гельцер Б. И., Саталкина Т. С. и др. Артериальная гипертензия и рак молочной железы у женщин: механизмы коморбидности и лекарственной ятрогении. Артериальная гипертензия. 2022;28(2):147-56. doi:10.18705/1607-419X-2022-28-2-147-156.
44. Kursov SV, Mikhnevich KG. Capillary leak syndrome. Emergency Medicine. 2011;7-8(38-39):24-32. (In Russ.) Курсов С. В., Михневич К. Г. Синдром капиллярной утечки. Медицина неотложных состояний. 2011;7-8(38-39):24-32.
45. Siddall E, Khatri M, Radhakrishnan J. Capillary leak syndrome: etiologies, pathophysiology, and management. Kidney International. 2017;92(1):37-46. doi:10.1016/j.kint.2016.11.029.