

"Осциллометрический" метод: что это такое и всем ли пациентам он подходит для измерения артериального давления?

Посохов И. Н.¹, Мороз-Водолажская Н. Н.²

¹ФГБУ "Государственный научный центр Российской Федерации — Федеральный медицинский биофизический центр им. А. И. Бурназяна" ФМБА. Москва, Россия; ²УО "Белорусский государственный медицинский университет". Минск, Республика Беларусь

"Осциллометрический" метод, постепенно заменяющий в настоящее время традиционный аускультативный, привлекателен для практикующих врачей из-за возможности автоматизации измерений артериального давления (АД). Однако информации о его ограничениях в доступной клиническим специалистам литературе немного. Цель настоящего обзора — раскрытие таких вопросов. Для этого предварительно рассмотрены основные современные сведения об алгоритме максимальной амплитуды в расчёте АД, об особенностях локализаций, в которых возможно получение осциллометрического сигнала. Кроме этого, разобраны ограничения и недостатки метода, связанные как с аппаратурой, так и с особенностями различных групп населения. Список групп, в которых устройства для измерения АД могут оказаться неточными, в 2020-х гг. значительно расширился по сравнению с предыдущим десятилетием, что позволяет сделать вывод о возможности надёжно интерпретировать данные, получаемые осциллометрическим методом, далеко не у всех пациентов.

Ключевые слова: артериальное давление, гипертензия, осциллометрический метод, валидация сфигмоманометров.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 10/06-2024

Рецензия получена 19/06-2024

Принята к публикации 05/07-2024



Для цитирования: Посохов И. Н., Мороз-Водолажская Н. Н. "Осциллометрический" метод: что это такое и всем ли пациентам он подходит для измерения артериального давления? *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2024;23(9):4075. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4075. EDN MRNCOF



Oscillometric method: what is it and is it suitable for measuring blood pressure in all patients?

Posokhov I. N.¹, Moroz-Vodolazhskaya N. N.²

¹Burnazyan Federal Medical Biophysical Center. Moscow, Russia; ²Belarusian State Medical University. Minsk, Republic of Belarus

The oscillometric method, which is gradually replacing the traditional auscultatory method, is attractive to practitioner due to the possibility of automating blood pressure (BP) measurements. However, there is little literature information about its limitations. The purpose of this review is to address such issues. For this purpose, the main modern information on the maximum amplitude algorithm for BP measurement and location features, in which it is possible to obtain an oscillometric waveform, are preliminarily considered. In addition, the limitations and disadvantages of the method associated with both the equipment and the characteristics of various population groups are analyzed. The list of groups in which blood pressure measuring devices may be inaccurate has expanded significantly in the 2020s compared to the previous decade. This suggests that the reliability of the interpretation of data obtained by the oscillometric method in a certain part of patients is limited.

Keywords: blood pressure, hypertension, oscillometric method, sphygmomanometer validation.

Relationships and Activities: none.

Posokhov I. N.* ORCID: 0000-0002-2381-0351, Moroz-Vodolazhskaya N. N. ORCID: 0000-0001-7760-9648.

*Corresponding author:
igor@posokhov.ru

Received: 10/06-2024

Revision Received: 19/06-2024

Accepted: 05/07-2024

For citation: Posokhov I. N., Moroz-Vodolazhskaya N. N. Oscillometric method: what is it and is it suitable for measuring blood pressure in all patients? *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2024;23(9):4075. doi: 10.15829/1728-8800-2024-4075. EDN MRNCOF

АД — артериальное давление, АМА — алгоритм максимальной амплитуды, ДАД — диастолическое АД, ДМАД — домашнее мониторирование АД, ОМВ — осциллометрические волны, ООМВ — огибающая графика амплитуды осциллометрических волн, САД — систолическое АД, УИАД — устройство для измерения АД, ISO — международная организация по стандартизации.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
e-mail: igor@posokhov.ru

[Посохов И. Н.* — д.м.н., профессор кафедры терапии университета ИНО, ORCID: 0000-0002-2381-0351, Мороз-Водолажская Н. Н. — к.м.н., заведующая 2-й кафедрой внутренних болезней, ORCID: 0000-0001-7760-9648].

Ключевые моменты**Что известно о предмете исследования?**

- "Осциллометрический" метод привлекателен для врачей из-за автоматизации измерений артериального давления.
- В "осциллометрических" устройствах применяют алгоритм максимальной амплитуды, особенности которого отличаются у каждого производителя, и поэтому такие устройства требуют независимой валидации перед клиническим применением.

Что добавляют результаты исследования?

- Стали известны новые обнадеживающие сведения об устройствах, снабжённых запястными манжетами.
- В то же время любые устройства для измерения артериального давления, показавшие точность в валидационных исследованиях на общей группе, могут оказаться неточными в специальных (особых) группах населения.

Key messages**What is already known about the subject?**

- The oscillometric method is attractive to physicians due to the automated blood pressure measurements.
- Oscillometric devices use a maximum amplitude algorithm, the features of which differ among manufacturers, and therefore such devices require independent validation before clinical use.

What might this study add?

- New encouraging data has become known about wrist blood pressure monitors.
- At the same time, any blood pressure monitor that has been shown to be accurate in validation studies in the general population may be inaccurate in special population groups.

Введение

Традиционное измерение артериального давления (АД) с помощью ртутного сфигмоманометра и аускультации тонов Короткова было основным методом оценки артериальной гипертензии на протяжении почти всего XX века. В наше время получают широкое распространение электронные автоматизированные устройства, специально разработанные для получения показаний, которыми можно было бы заменить значения систолического и диастолического АД (САД и ДАД, соответственно), измеренные с помощью ртутного сфигмоманометра и аускультации. Фактически, почти все такие цифровые приборы измеряют АД "осциллометрическим" методом. Метод привлекателен для практикующих врачей из-за возможности автоматизации и ускорения измерения АД, что может быть ценно как в офисе врача, так и при внеофисных методах диагностики гипертензии, где требуются неоднократные записи показателей, и в то же время, например, при домашнем мониторинге АД (ДМАД), когда не требуется какая-либо квалификация у оператора, самостоятельно измеряющего АД у себя дома [1].

Нововведение стало особенно актуальным в связи с глобальной директивой о поэтапном отказе и замене ртутных устройств в медицинских учреждениях из-за экологических проблем¹. Но всегда ли эта замена адекватна? Несмотря на повсеместную доступность и практическое использование

автоматизированных устройств для измерения АД (УИАД), осведомлённость широкой медицинской общественности о том, как они работают, чем их измерения отличаются от эталонных инвазивных и неинвазивных измерений, какие имеются ограничения в использовании таких УИАД, остаётся низкой.

Цель настоящего обзора — раскрыть принципы работы "осциллометрических" устройств и рассмотреть ограничения, связанные как с самим методом, так и с его применением в различных группах населения.

Методологические подходы

Для достижения цели обзора проведен поиск и анализ литературных обзоров и оригинальных статей из баз данных PubMed и eLibrary в тематике "Медицина и здравоохранение". Целенаправленно проводился поиск по алгоритмам работы устройств, измеряющих АД, включая сфигмоманометры для применения на плече и запястье, с особым вниманием к их недостаткам, обусловленным как техническими особенностями оборудования, так и гемодинамическими состояниями пациентов. Ключевыми словами были: "oscillometric", "oscillometric waveform", "OVM envelope", "sphygmomanometer validations", "blood pressure guidelines", "осциллометрический", "осциллометрия", "колокол", "валидации сфигмоманометров". Источники, излагаемые положения в которых не относились к клиническому применению или дублировались, исключались. Не рассматривались также источники, в которых термин "осциллометрия" относился к методам анализа частотного поведения дыхательного аппарата в пульмонологии.

¹ Mercury in health care: policy paper. World Health Organization. Water, Sanitation and Health Team. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69129>.

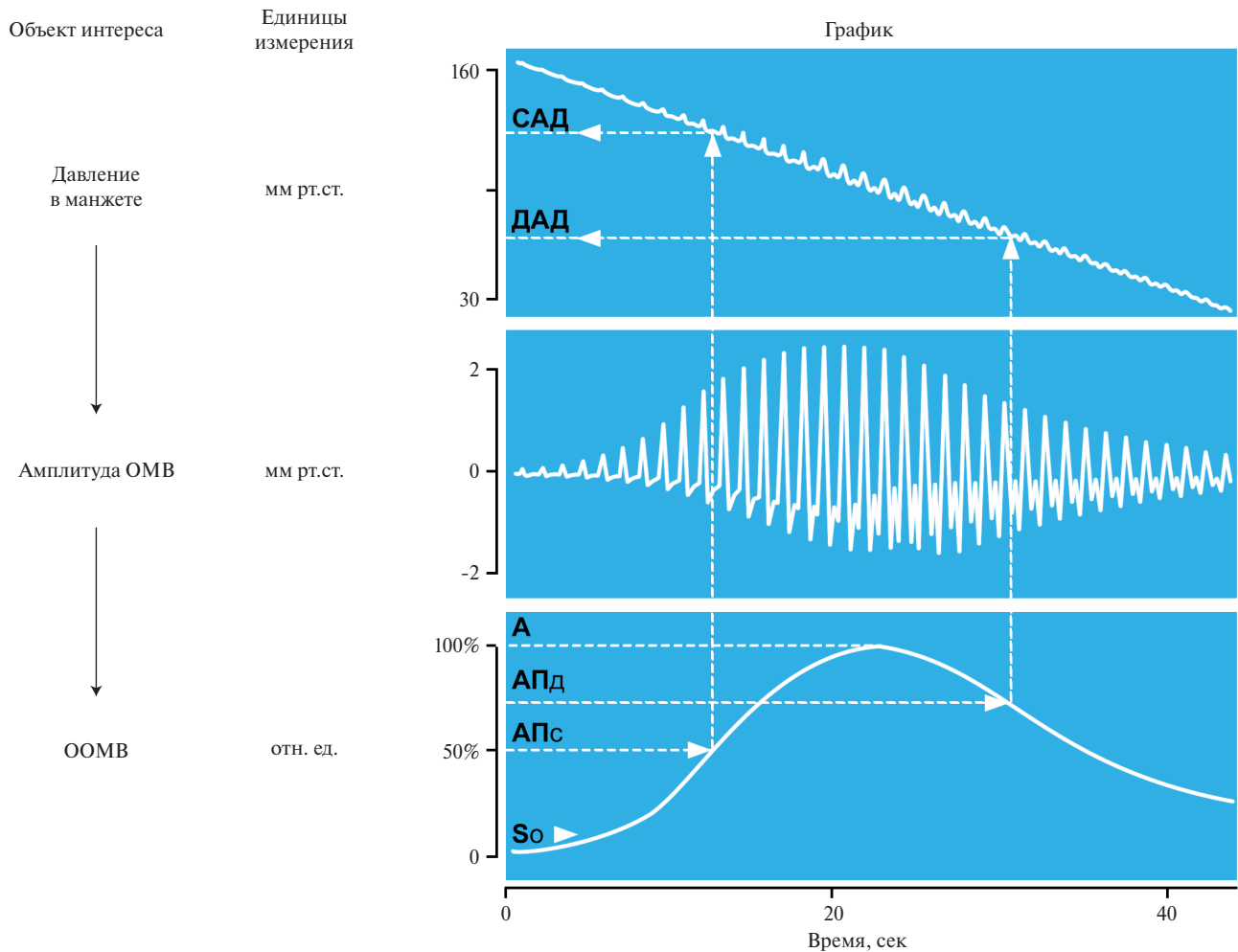


Рис. 1 Алгоритм максимальной амплитуды основан на определении давления в манжете, при котором наблюдается максимальная амплитуда осцилляций (А), принимаемая за 100%. Давление в манжете, при котором амплитуда достигает процентного соотношения АПс и падает до процентного соотношения АПд, определяют как САД и ДАД, соответственно.

Примечание: А — максимальная амплитуда "осциллометрических" волн, АПд — процент от максимальной амплитуды, соответствующий диастолическому давлению, АПс — процент от максимальной амплитуды, соответствующий систолическому давлению, ДАД — диастолическое артериальное давление, ОМВ — "осциллометрические" волны, ООМВ — огибающая графика амплитудных ОМВ, отн. ед. — относительные единицы, САД — систолическое артериальное давление, So — давление в манжете, при котором ОМВ начинают увеличиваться.

Таким образом, в обзор включено 40 источников: актуальных экспериментальных, лабораторных, клинических исследований, обзоров и согласованных мнений экспертов за последнее десятилетие.

Результаты

О терминологии

Не все автоматизированные УИАД анализируют колебания давления в манжете с одинаковой целью; в практическом применении есть небольшая часть устройств, использующих манжету только для окклюзии (сжатия) плечевой артерии и, одновременно с регистрацией АД в пневмосистеме, воспринимающих тоны Короткова с помощью микрофона, относящихся к аускультативному [2] или смешанному виду [3]. Другая, значительная часть автоматизированных УИАД, в качестве приёмника сигнала используют саму манжету и регистрируют

не только изменения давления в манжете, связанные с нагнетанием в неё воздуха и стравливанием его, но и колебания, называемые традиционно "осцилляциями". Согласно сложившейся традиции такие УИАД называют осциллометрическими.

Строго говоря, данное название используется неточно, а по выражению некоторых экспертов в области физиологии артерий даже "неверно" [4]. Согласно определению в физике, осцилляции (в русской литературе — колебания) связаны с повторяющимся во времени процессом изменения состояний системы около точки равновесия. Сигналы же, воспринимаемые манжетой, относятся к волнам, распространение которых следует рассматривать как другое физическое явление. Волны генерирует сердце при каждом сокращении, поэтому эти гемодинамические сигналы, доходящие до датчика в пневмосистеме, не могут быть названы

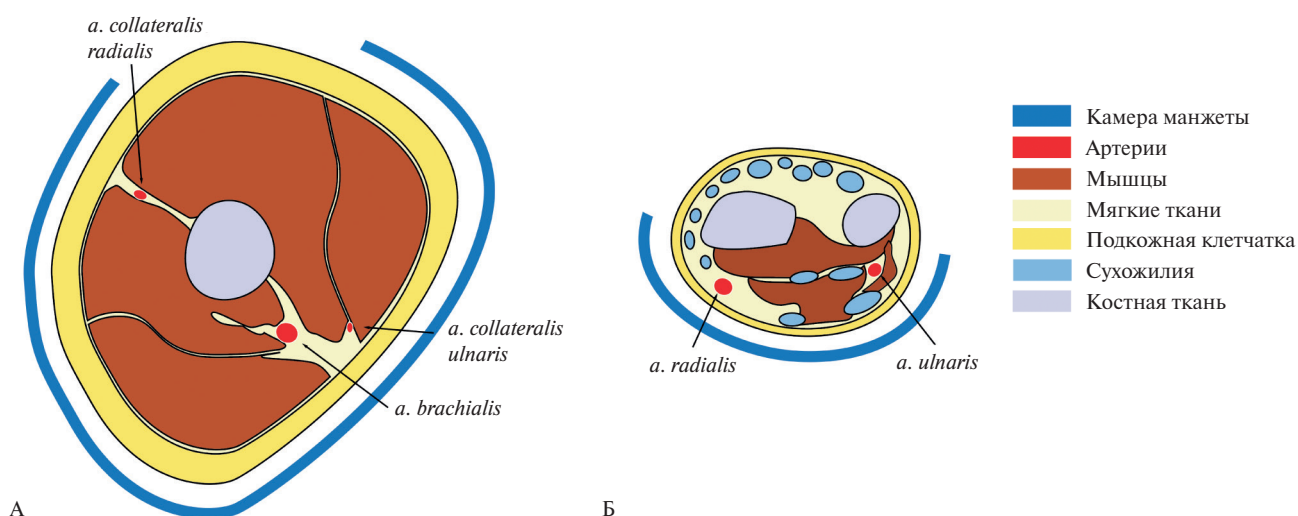


Рис. 2 Соотношение тканей в системах "манжета-рука-артерия" на уровне средней трети плеча (А) и запястья (Б).

Примечание: цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

осцилляциями в прямом смысле, т.к. не имеют точки равновесия.

В литературе встречаются словосочетания "осциллометрические волны" (ОМВ) (англ. *oscillometric waveform*, *OMW*) или подобные выражения, которые, впрочем, в контексте их текущего употребления могут не подразумевать никакого измерения. Несмотря на дословный перевод (лат. *oscillo* — качаюсь и др.-греч. μέτρον — мера, измеритель), сложилась и стала международной традиция прилагательным "осциллометрический" обозначать всё, что относится к соответствующим устройствам.

Другой терминологической неточностью, применение которой распространилось в специальной литературе для биоинженеров, является употребление словосочетания "система: манжета-рука-артерия" [4]. Неточность состоит в том, что, например, при измерении с наложением манжеты на плечо, окклюзии подвергается не одна плечевая артерия, а несколько: *a. brachialis*; *a. profunda brachii*; *aa. nutritiae humeri*; *aa. collateralis: media et radialis*; *aa. collateralis ulnaris: superior et inferior*; *rr. musculares*.

Алгоритм максимальной амплитуды

Аускультативный метод почти всегда подразумевает взаимодействие пациента и врача, в идеале внимательно учитывающего многие физиологические и патофизиологические особенности человека, страдающего болезнью, такие как "аускультативный провал", "бесконечный 5 тон" и т.п. В то же время при использовании осциллометрического метода тесного взаимодействия на уровне восприятия особенностей пациента меньше. При этом почти все практикующие специалисты зачастую ограничиваются лишь поверхностными знаниями о теории получения показателей в соответствующих устройствах, полагая, что инженеры продумали за них все аспекты искусства врачевания.

Для ответа на вопрос, можно ли полностью полагаться на автоматизированные УИАД, и у всех ли пациентов показания этих приборов надёжны, следует вначале рассмотреть основу теории, раскрывающей принципы данных устройств. Классическое объяснение работы осциллометрических устройств заключается в раскрытии алгоритма максимальной амплитуды (АМА) [5]. Рисунок 1 иллюстрирует процедуру обработки сигнала в автоматизированном УИАД по данному алгоритму.

Большинство автоматизированных УИАД анализируют осциллометрические сигналы в период сдвигания воздуха из манжеты, но некоторые устройства реализуют АМА в период нагнетания воздуха [6]. Записанная в данный период кривая имеет две характеристики: во-первых, компонент давления в манжете и, во-вторых, пульсации, вызванные работой сердца, т.е. ОМВ. Первым этапом обработки сигнала является отделение компонента давления в манжете для того, чтоб получить ОМВ в чистом виде.

Следует обратить внимание, что начало ОМВ не соответствуют I фазе тонов Короткова и систолическому АД, и возникает раньше. Регистрируется не начало осцилляций, а давление в манжете, при котором они начинают увеличиваться. В ранней литературе по "осциллометрическому" методу это давление обозначали S_0 ; на рисунке 1 этот момент обозначен в графике как "Огибающая ОМВ" (ООМВ).

ООМВ представляет собой график, по оси абсцисс которого указано время от начала сдвигания манжеты (или соответствующее этому времени давление внутри манжеты), а по оси ординат — значение аппроксимирующей функции, описывающей относительные значения сумм модулей амплитуд каждой осцилляции в данный промежуток вре-

мени, т.е., говоря нематематическим языком, это кривая, которая соединяет вершины каждой ОМВ, нивелируя резкие отличия в их высоте, и так, чтобы их нижние точки были расположены на одной линии со значением 0%. При этом за 100% принимается вершина ООМВ, которая соответствует максимальной амплитуде ОМВ [4]. На рисунке 1 кривая ООМВ показана в "идеальном" виде, который скорее исключение, чем правило. В реальности она не имеет никаких осей симметрии, может иметь несколько пиков, неровностей, плато, как на рисунке 2. Это может быть обусловлено, в частности, так называемым аускультативным провалом, который сопровождается снижением амплитуды пульсаций в манжете. Следует признать, что, в то время как хорошо подготовленный специалист, проводящий измерения аускультативным образом, вполне способен правильно интерпретировать тоны Короткова у пациента с "провалом" [7], разнообразие явлений, возникающее в реальной клинике, не всегда может быть охвачено шаблонными осциллометрическими алгоритмами.

Ещё одной литературной традицией, помимо термина "осциллометрический", является утверждение о том, что максимальная амплитуда ООМВ (на рисунке 1 она обозначена как А) соответствует среднему АД [8]. Можно отметить, что часто искажено и само понятие среднего АД, отражающее такое давление крови, если бы оно измерялось с помощью устройств с большой инерцией, усредняющей пульсирующие колебания самописца, или, известное большинству врачей как равное сумме диастолического и $\approx 1/3$ пульсового; это видно из публикации [9], оперирующей понятием усреднённое (англ. averaged, или среднеарифметическое) АД, что неверно.

Правдоподобным выглядит объяснение того, что амплитуда максимальна в тот момент, когда трансмуральное давление в стенке артерии равно 0 (интраартериальное АД равно экстраартериальному), т.е., когда напряжение на стенке артерии минимально [10]. В ранних экспериментальных моделях было показано, что в момент максимальной амплитуды давление в манжете почти эквивалентно среднему (среднеинтегральному) АД. Но в современной литературе этот момент не сопоставляется явным образом со среднеинтегральным АД [4], и такой подход представляется более грамотным, чем постулирование строгого соответствия среднего АД максимальной амплитуде осцилляций. Кроме этого, отмечается, что процессы, происходящие в сосудистой системе, окружающих тканях, механически взаимодействующих с манжетой в зоне компрессии и прилегающих участках, могут быть различными у разных людей, что может проявляться неодинаковым соответствием максимальной амплитуды и среднего АД и стать источником

погрешности метода [11]. Данное обстоятельство является одним из стимулов к разработке безманжеточных (безокклюзионных) устройств [12], которые, впрочем, несмотря на появление стандартов, регулирующих их валидацию, пока в большинстве своём не соответствуют этим стандартам и не находят места в клинических рекомендациях.

Ряд авторов рассматривают АМА и Алгоритм фиксированных соотношений по отдельности [5], но в последние годы чаще всего оба этих алгоритма описывают в рамках одного АМА. Фиксированные соотношения амплитуд осцилляций (на рисунке 1 они обозначены как АПс и АПд, т.е. процент от максимальной амплитуды, соответствующий систолическому давлению, и процент от максимальной амплитуды, соответствующий диастолическому давлению) подбираются эмпирически или подгоняются таким образом, чтобы эти амплитуды соответствовали тем моментам, когда давление в манжете равняется САД и ДАД. В упрощённом изложении фиксированное соотношение для САД коррелирует с точкой на ООМВ, где амплитуда волны $\sim 50\%$, а для ДАД — с точкой, в которой амплитуда $\sim 70\%$ от максимальной амплитуды. Однако указанные точки на ООМВ различаются как в разных экспериментальных моделях, описывающих метод, так и, в основном, благодаря эмпирическому характеру подбора соотношений, в разных устройствах разных производителей с разбросом для САД от 45 до 64% и для ДАД от 69 до 80% [4, 5, 8]. Поскольку каждое автоматизированное УИАД может иметь отличающиеся от остальных процессы, электронные алгоритмы и функции "подгонки" для получения АД, и ничего из указанного не раскрывается производителями публично [13], это значит, что точность каждого устройства должна определяться путем сравнения с эталонным стандартом с использованием научно принятого протокола валидации независимыми и сертифицированными (в т.ч. по надлежащей клинической практике) экспертами [14], которые в дальнейшем, в своих публикациях, дают заключение о применимости УИАД в клинических условиях. Успешная валидация устройств — это непереносимое условие использования их как в случае офисного, так и в случае внеофисных измерений [15].

Измерения в разных локализациях

Наиболее изученным, часто применяемым и развитым является способ определения АД с наложением компрессионной манжеты на плечо. Однако манжеты могут быть наложены и на другие части руки (на запястье) или на ногу (на бедро или на лодыжку). "Осциллометрические" способы определения АД на бедре или лодыжке, несмотря на заверения некоторых производителей, непригодны для клинической практики, т.к. данные локализации не позволяют точно измерять АД, а годятся лишь для

грубой детекции выраженной гипотензии [16], что, впрочем, иногда, но крайне редко, может быть применено в практике ухода за пациентами в критических состояниях.

Вторым по значению местом для исследования АД является запястье. Современные рекомендации по АГ допускают использование устройств с запястными манжетами только в исключительных случаях, у пациентов с ожирением и конечской формой плеча [15]. Однако актуальность таких устройств в настоящее время возрастает с доказательствами, возникшими при разработке и изучении клинического значения ночного ДМАД — особой формы автоматических измерений АД, начинающихся через запрограммированные промежутки после триггерного измерения перед отходом пациента ко сну, по 3 раза в течение 2 ночей [1]. Хотя эти новейшие разработки пока не вошли в клинические рекомендации, клиницисту не помешает знать основные особенности "осциллометрического" метода с регистрацией АД на запястье. Следует иметь ввиду три особенности, имеющие критическое значение: во-первых, большая доля костной ткани в объёме системы "манжета-рука-артерия", во-вторых, снижение к периферии среднего и ДАД с повышением САД, и в-третьих, большая, чем при методе с плечевой манжетой, роль изменяющегося гидростатического давления, оказывающего влияние на результаты.

На рисунке 2 представлено соотношение костной и других тканей в системах "манжета-рука-артерия" в плечевой и запястной локализации. С одной стороны, указанные выше погрешности метода, связанные с такими тканями в зоне компрессии, как скелетная мускулатура и подкожный жир, по-разному от человека к человеку механически взаимодействующие с манжетой [11], в запястной локализации практически не выражены. Но, с другой стороны, известны экспериментальные и клинические исследования, показывающие, что соотношение объёмов костной ткани к общему объёму конечности влияет на показания устройства для измерения АД. Предполагается, что из-за увеличенного объёма костей и сухожилий окклюзия артерии более трудна, и это приводит к более высоким показаниям, чем реальные [17]. Данное препятствие в точном измерении АД преодолевается разработкой усовершенствованных и более точных конструкций манжет, в т.ч. с подушкой, оказывающей локальное давление на артерию [17]. Усовершенствованные конструкции предполагают сдавление только лучевой артерии, в то время как локтевая артерия продолжает кровоснабжать кисть руки, при этом измерения не вызывают венозного застоя и ишемической боли, что особенно важно для ночного домашнего измерения АД.

Снижение к периферии среднего и ДАД с повышением САД является известным явлением

в физиологии [1, 18]. Это явление приводит к сдвигу максимума ООМВ при использовании АМА [19]. Однако, если брать точкой отсчёта плечевую артерию, эти изменения в лучевой артерии нельзя назвать выраженными; они легко корректируются в современных алгоритмах устройств для измерения АД так называемой функцией популяционной алгоритмической компенсации [17].

Наиболее известным препятствием к широкому внедрению запястных устройств являются гидростатические явления, связанные с положением руки относительно сердца [20]. Так, поднятие запястья на 1 см снижает АД ~ на 0,7 мм рт.ст. и наоборот (это ясно из соотношения высот ртутного и водяного столба 1 к 0,73556 при одинаковом давлении). Чтобы избежать данного явления и неточного измерения, используют различные приёмы: наиболее распространёнными из них являются инструкции пациенту: приводить руку в определённое положение, так чтобы запястье находилось на уровне сердца [20]; в начале 2000-х гг разрабатывались также специальные системы позиционирования.

В связи с этим необходимо дополнительно упомянуть исследование точности интраоперационного применения запястного монитора АД при выполнении бариатрической операции у пациентов с ожирением [21]. Измерения на запястье показали не только самое короткое время наполнения манжеты по сравнению с другими местами измерения, но и самую высокую точность. Хорошие показатели запястных мониторов (комфорт, точность), работающих в положении пациента лёжа, полученные в этом исследовании, могут являться дополнительными аргументами в пользу ДМАД с функцией ночного измерения. Наконец, как показывают исследования [22], измерение АД на запястье может быть достаточно точным даже у пациентов с фибрилляцией предсердий.

Таким образом, единственной возможной локализацией дополнительно к плечевой, при которой возможно относительно точное измерение АД, является запястная. Однако измерение в такой локализации допустимо в клинике только в ряде случаев. Весьма перспективными представляются исследования применения устройств с запястными манжетами в области ночного ДМАД.

Ограничения и недостатки "осциллометрического" метода, связанные с оборудованием

Основные и упрощённые принципы "осциллометрических" измерений АД широко популяризированы в медицинской литературе. Некоторые авторы — сторонники метода — рассуждают даже о его превосходстве, аргументируя это только одними недостатками аускультативного, и не приводят ограничений автоматического цифрового [23]. Однако понимание возможностей измерения АД у челове-

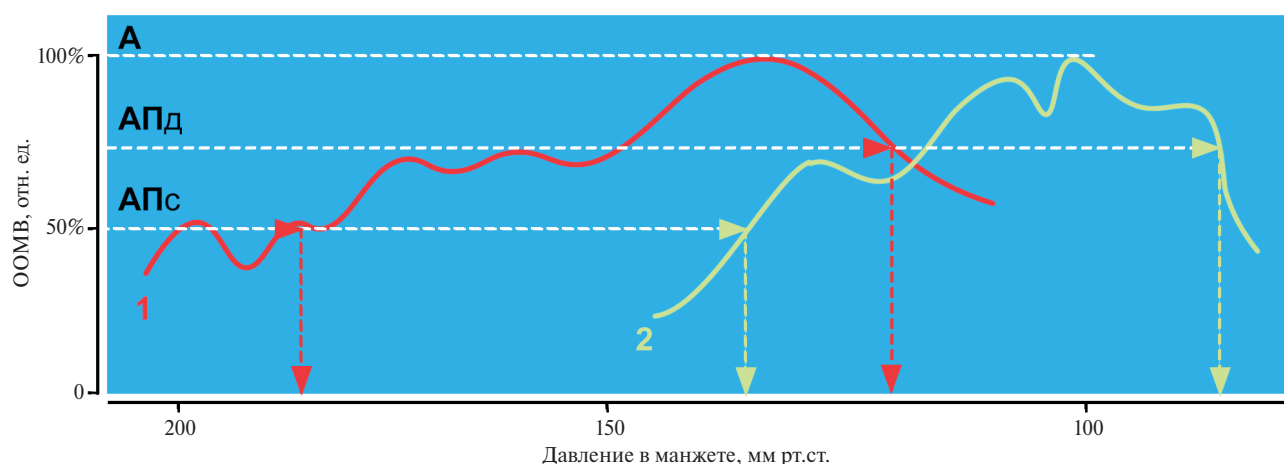


Рис. 3 Пример графиков амплитудных ООМВ у пациента при использовании манжеты слишком маленького размера (1, красная линия) и подходящей по размеру (2, зелёная линия).

Примечание: А — максимальная амплитуда осцилляций, принимаемая за 100%, АПд — процент от максимальной амплитуды, соответствующий диастолическому давлению, АПс — процент от максимальной амплитуды, соответствующий систолическому давлению, ООМВ — огибающие "осциллометрических" волн. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

ка при использовании подобных аргументов, как и при упрощённом раскрытии принципов, как правило, является неполным. Более углублённое понимание должно включать ограничения и недостатки "осциллометрического" подхода.

В первую очередь, следует иметь ввиду эмпирический характер ассоциации ООМВ с независимо измеренным АД. Общепринятого теоретического понимания этой взаимосвязи не существует, как и не существует единого стандартного алгоритма вычислений АД [4], поэтому производители разрабатывают (или иным образом приобретают) свои собственные алгоритмы, составленные с учетом того, как их устройство регистрирует и преобразует давление в пневмосистеме, а затем извлекает и обрабатывает импульсы.

Из вышеперечисленных этапов работы УИАД в первую очередь следует рассмотреть вопросы, связанные с системой "манжета-рука-артерия". Хорошо известно, что слишком маленький размер манжеты при аускультативном способе измерения приводит к ложно высокому АД, а слишком большой — к ложно низкому АД. В настоящее время проведено достаточно исследований, чтобы утверждать о подобных закономерностях и для осциллометрического способа [24]. Ложно высокое АД связано с изменением амплитуд ОМВ: максимальная амплитуда и последующее за ним снижение амплитуды ОМВ в случае манжеты слишком маленького размера наступает раньше, и, соответственно, при более высоком давлении в манжете (рисунок 3).

Изменение размера манжеты вызывает не только смещение ООМВ в сторону больших или меньших значений, но и изменение её морфологии, как было убедительно продемонстрировано

ещё в начале XXI века. Известно, что автоматические УИАД, имеющиеся на рынке, обычно снабжаются не менее чем 2-мя вариантами манжет разного размера. Таким образом, сфигмоманометры совместно с каждой разновидностью манжеты являются отдельными вариантами "осциллометрических" систем; и точность каждой из таких систем должна быть отдельно определена по научно принятому протоколу валидации. К сожалению, большинство опубликованных в настоящий момент валидационных исследований не касаются данного аспекта. Только недавно в современном универсальном стандарте появилось требование отдельно определять точность при каждом варианте имеющегося в наборе манжет [14].

К другим белым пятнам в вопросах, касающихся систем "манжета-рука-артерия" относятся: употребление транкокнических манжет (в форме усеченного (truncated) конуса), для определения точности которых не существует научно обоснованных эталонных стандартов; вопросы различий в точности работы АМА, определяющих фиксированные соотношения в ООМВ при разных окружностях руки в рамках диапазона одной манжеты. Другими словами, например, совершенно неясно, одинаково ли точен алгоритм вычислений АД у пациентов с окружностями плеча 23 и 31 см, входящих в диапазон, при котором применяется одна и та же стандартная манжета.

В качестве следующего после манжеты этапа работы "осциллометрических" УИАД следует рассмотреть датчик, который преобразует давление в электронный сигнал для обработки и анализа. Он аналогичен ртутному столбу, который преобразует давление в высоту с соответствующей шкалой давления, или anerоидному манометру, который

преобразует давление во вращательное движение на циферблате. Важно иметь в виду, что стандарты точности этого датчика, а также процедуры, применяемые к его калибровке (или, согласно русскоязычной традиции, поверке) и стандарты или процедуры валидации описываются отдельными, не зависящими друг от друга документами² [14, 25]. Бытует обывательское мнение о том, что для обеспечения точности электронных УИАД достаточно проводить его регулярную поверку; однако это не так, поскольку калибровка только одного вышеуказанного датчика не устраняет все остальные ограничения и недостатки метода, описываемые в данном обзоре.

В то же время, важности калибровки также может уделяться недостаточно внимания. Данные о стабильности электронных датчиков крайне немногочисленны несмотря на высокую практическую ценность и востребованность таких сведений. О целенаправленных независимых исследованиях ошибок калибровки автоматических УИАД при рутинном использовании в литературе не сообщается; известно лишь об относительно хорошей стабильности датчика, применяемого в SpaceLabs 90207 и 90217, которые, как известно, изначально разрабатывались и применялись во второй половине XX века для нужд аэрокосмической отрасли.

Дальнейшие этапы, как уже указывалось выше, обусловлены патентованными, а проще говоря, нераскрываемыми техническими особенностями, которые различаются от производителя к производителю. Однако известно, что может быть 2 принципиально различающихся метода экстракции ОМВ, при использовании которых получаются либо монополярные, либо биполярные ОМВ, а также описывается искажение этих волн, в разной степени проявляющееся при разных способах их извлечения [26]. Есть и другие, явно различимые конструктивные особенности УИАД, позволяющие понять, что точность устройств существенно различается. Например, более ранние, предложенные в конце 1970-х гг методы расчёта среднего АД требуют ступенчатого сжатия воздуха в манжете, множества допущений и аппроксимаций. Такие методы однозначно будут отличаться от более точных расчётов с технически более совершенным равномерным снижением давления в манжете и применением современных фильтров для обработки сигнала [26], таким, как в технологии Intellisense [27].

В целом, ограничения и недостатки оборудования, отвечающего за данные этапы метода, не поддаются обобщению ввиду их скрытости.

Ограничения и недостатки "осциллометрического" метода, связанные с пациентами

Помимо недостатков и ограничений, связанных с манжетами, электронными датчиками, усилителями, фильтрами и схемами, проводящими обработку, имеются также более общие моменты, связанные с природой ОМВ человека. Дело в том, что ОМВ, а также и ООМВ, не имеют единой характеристики во всех группах населения [28], а также изменяются в довольно широких пределах при естественной вариабельности характеристик артериальной гемодинамики, связанной, например, с дыхательным циклом, или при изменениях наполнения пульса, связанного с ударным объёмом [6].

Было установлено и современными исследованиями подтверждено, что ширина ООМВ значительно увеличивается с повышением АД и старением [29]. Как правило, расширение ООМВ связывают с увеличением пульсового давления. Поскольку пульсовое давление всегда больше у людей с высоким АД, особенно с изолированной систолической гипертензией, у них с большей вероятностью будет наблюдаться более широкая ООМВ. Имеются также соображения, что с увеличением АД и старением усиливается асимметрия ООМВ. Это может быть связано с разницей в поведении податливости артерии (между отрицательной и положительной областью трансмурального давления) с повышенным АД и старением [29, 30].

Клинические последствия возможных недостатков метода, связанных с неточностью определения АД при вышеуказанных особенностях ООМВ, предупреждены составителями протоколов валидации УИАД, в которых описаны требования формировать при проверке устройств соответствующие группы обследованных лиц, так, чтобы их количество в подгруппах, различающихся по АД и возрасту, было строго определённым. Предусмотрены также процедуры отдельных, специальных проверок точности в особых группах населения: у беременных женщин и у детей, т.к. в этих группах сосудистая гемодинамика, а также особенности функции и структуры артерий влияют на артериальные сигналы и, следовательно, на определение АД [14].

Однако публикаций о таких проверках существенно меньше, чем статей о валидациях УИАД для общих групп. Тем не менее, подразумевается, что даже если опубликованное исследование показало соответствие определённого УИАД требованиям протокола его проверки в общей группе, это не делает его точным в особой группе автоматически, и, соответственно, учитывая неблагоприятные последствия неточного измерения АД у беременных женщин или у детей, медицинские работники должны быть осведомлены об этом и стараться использовать только такие УИАД, которые были должным образом и успешно проверены в этих особых группах населения [14].

² Государственная система обеспечения единства измерений. Измерители артериального давления неинвазивные. Методика поверки. Р 1323565.2.001-2018 <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6416123>.

Таблица 1

Группы пациентов в соотношении с валидационными исследованиями устройств для измерения АД перед их клиническим применением

Характеристика группы	Контингент	Количество исследований
Общая	• Взрослые здоровые добровольцы и пациенты с артериальной гипертензией	++++
Традиционно "особые"	• Дети • Беременные женщины	++
Новые "особые" [31]	• Подростки в возрасте 12-18 лет • Пациенты с хронической болезнью почек	+
Потенциально "особые" [31]	Пациенты: • >65 лет; • с сахарным диабетом 2 типа; • с установленным сердечно-сосудистым заболеванием; • с ишемической болезнью сердца; • с инсультом; • с сердечной недостаточностью; • с болезнями периферических артерий	Исследований практически нет, но к ним призывает международная организация по стандартизации [14]

Примечание: АД — артериальное давление.

Имеется ещё довольно большое количество групп населения, которые можно отнести к особым, т.к. в них входят люди с изменёнными гемодинамикой, артериальной структурой и функцией. Так, в 2023г международная организация по стандартизации (ISO) определила новые дополнительные особые группы населения для валидационных исследований манжетных УИАД: подростки в возрасте 12-18 лет и пациенты с хронической болезнью почек [31]. Новые группы официально признаны ISO благодаря появлению валидационных исследований УИАД среди таких пациентов, причём некоторые устройства, прошедшие валидацию в общей группе, оказались неточными в этих новых особых группах.

Рабочая группа ISO представила также список потенциально особых групп, и опубликовала призыв к новым валидационным исследованиям в них. Список представлен в таблице 1. К потенциально особым группы относятся потому, что в отличие от официально признанных, в этих категориях пациентов пока не было исследований, в которых устанавливалась бы точность УИАД, но, теоретически, гемодинамика и свойства артерий могли бы привести к установлению клинической непригодности устройств (по крайней мере некоторых) для измерения в выбранном контингенте. Именно поэтому, пока не появились результаты соответствующих валидационных исследований, не следует полагаться на точность УИАД при измерениях АД в указанном в таблице 1 дополнительном списке.

Так, например, совершенно ясно, что у пациентов с клапанной болезнью сердца показатели гемодинамики существенно отличаются от таковых в общей группе, и, следовательно, отсутствие валидационных исследований "осциллометрических" УИАД не позволяет пока проводить широкое клиническое внедрение таких приборов для пациентов

с пороками сердца, и зачастую обуславливает необходимость использовать исторический более старый метод аускультативной оценки АД [32].

Критические соображения о валидационных исследованиях

Не секрет, что многих честных клиницистов тревожит всё возрастающее количество информации о неправомерном проведении научных исследований, и особенно клинических испытаний лекарств, определяемом как фабрикация или фальсификация. Тревога связана с тем, что такие исследования могут потенциально нанести вред пациентам, получающим лечение на основе полученных результатов [33]. На предотвращение такого вреда, связанного с применением фармакологических агентов, направлены все известные аспекты клинических испытаний: от этических принципов, до государственного регулирования обращения лекарственных средств. Регулированию обращения УИАД уделяется несравнимо меньше внимания, несмотря на то что, согласно исследованиям, даже незначительные (в пределах 1-2 мм рт.ст.) отклонения от требуемой точности приводят к довольно масштабным неблагоприятным последствиям на уровне популяции [34], включая связанный с артериальной гипертензией экономический ущерб [35, 36].

Пожалуй, единственным намёком на производителей, вводящих в заблуждение, является цитата из документа 2013г европейских экспертов по измерениям АД:

"Признано, что точность приборов для измерения артериального давления не должна основываться исключительно на заявлениях производителей, которые иногда могут вводить в заблуждение. Вместо этого следует требовать независимого валидационного исследования с использованием установленного протокола с результатами, опубликованными в рецензируемых журналах" [37].

По сути, в настоящее время ключевым требованием научных медицинских обществ является лишь публикация в рецензируемом журнале, по которой можно судить о точности УИАД [38], и которая может служить основанием для включения устройств в список рекомендуемых. Однако на дистанции между производством оборудования и появлением публикации совершенно нет прозрачных участков: патентованные алгоритмы и технические особенности УИАД скрыты; такого аудита и проверок, как при клинических испытаниях лекарств, во время валидационных исследований нет; не инспектируется первичный материал этих исследований, не проверяется даже фактическое наличие его и т.д. Недавно предложены красные флаги — признаки, при наличии которых производителя УИАД следует более пристально рассматривать на предмет подозрительных отклонений, включая ≥ 2 отзыванные издателями статьи о валидации, сокрытие авторами своего финансирования производителем и/или публикации ими статей в одном и том же журнале, в одном литературном стиле и даже с частично совпадающими фрагментами [14]. Однако в целом, защита граждан от последствий отклонения в точности УИАД, скрытых неправомерными способами проведения валидационных исследований, представляется довольно слабой.

Из вышеизложенного следует, что требуется усиление мер, регулирующих валидацию и оборот УИАД, включая обеспечение независимости, должной квалификации и сертификации экспертов, проводящих исследование, обязательный аудит полученных ими сведений, а также создание адекватной системы обращения с данными.

Заключение

"Осциллометрический" метод привлекателен для практикующих врачей благодаря автоматизации измерения АД, которая может быть ценна как в офисе врача, так и при ДМАД, где требуются неоднократные записи показателей пациентом самостоятельно. Автоматизация основана на концепции АМА, при которой используется анализ амплитуды осцилляций в манжете при её декомпрессии. Основной локализацией, в которой компрессионная манжета воспринимает сигналы с артерий и окружающих их тканей, является плечо. В некоторых исключительных случаях возможно использование альтернативной локализации на запястье. Исследо-

вания клинического применения альтернативного способа измерений АД пока не завершены, но имеются достаточно серьёзные перспективы в области ночного ДМАД.

Основное фундаментальное ограничение метода связано с отсутствием общепринятого теоретического понимания поведения получаемых сигналов, как нет и единого стандартного алгоритма для их получения, фильтрации и обработки. В связи с этим возникло большое разнообразие УИАД с различающейся фактической способностью точно измерять АД как у среднестатистических добровольцев, так и при меняющихся условиях в рамках одной или разных групп пациентов.

До того, как будет проведено честное, качественное, независимое валидационное исследование в каждой такой группе, точность УИАД остаётся для врачей неизвестной. Следовательно, "осциллометрический" метод подходит для измерения АД не у всех пациентов. Наиболее подходящим является применение УИАД в общей популяции людей, не имеющих выраженных, особенно патологических, изменений артериальной гемодинамики.

Несмотря на то, что давно известны так называемые особые группы (дети, беременные женщины), в которых рекомендуется проводить отдельные валидационные испытания, независимых исследований проведено относительно мало, и устройств, пригодных для таких групп, значительно меньше, чем УИАД, предназначенных для общей популяции. Поэтому следует делать тщательный выбор перед их применением, либо использовать аускультативный метод.

Ещё меньше устройств, пригодных для измерения АД у подростков 12-18 лет и пациентов с хронической болезнью почек; эти группы были официально признаны ISO особыми только недавно, в 2023г, на основе данных о различиях в валидациях УИАД разных производителей. Кроме этого, имеется список потенциально особых групп пациентов, в которых валидационные исследования пока не проводились, но, теоретически, вследствие выраженных изменений артериальной гемодинамики, на точность осциллометрических УИАД при измерениях у них АД полагаться пока не следует.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

1. Beresten NF, Sandrikov VA, Fedorova SI, editors. Functional diagnostics: National guidelines. Brief edition. GEOTAR-Media, 2023. p. 388-392. (In Russ.) Берестень Н.Ф., Сандриков В.А., Федорова С.И. (ред.) Функциональная диагностика: Национальное руководство. Краткое издание. ГЭОТАР-Медиа, 2023г.с. 388-92. ISBN: 978-5-9704-7507-2.
2. Shalaev SD, Meshikhin IA. Development of an automated pressure measurement system based on the Korotkov method. Konstruktorskoe byuro (Design department). 2021;4:64-77. (In Russ.) Шалаев С.Д., Мещихин И.А. Разработка системы автоматизированного измерения давления на основе метода Короткова. Конструкторское бюро. 2021;4:64-77.

3. Zakharchenko VYu. A device for measuring blood pressure using two methods. Systems for synchronization, signal generation and processing. 2022;13(2):24-32. (In Russ.) Захарченко В.Ю. Устройство для измерения артериального давления двумя методами. Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов. 2022;13(2):24-32.
4. Sharman JE, Tan I, Stergiou GS, et al. Automated "oscillometric" blood pressure measuring devices: how they work and what they measure. J Hum Hypertens. 2023;37(2):93-100. doi:10.1038/s41371-022-00693-x.
5. Chandrasekhar A, Yavarimanesh M, Hahn JO, et al. Formulas to Explain Popular Oscillometric Blood Pressure Estimation Algorithms. Front Physiol. 2019;10:1415. doi:10.3389/fphys.2019.01415.
6. Kumar S, Yadav S, Kumar A. Accuracy of oscillometric-based blood pressure monitoring devices: impact of pulse volume, arrhythmia, and respiratory artifact. J Hum Hypertens. 2024;38(1):45-51. doi:10.1038/s41371-023-00856-4.
7. Tikhonenko VM, Pivovarov VV, Kormilitsyn AY, et al. Evaluation of blood pressure using Korotkoff's sounds in case of auscultatory gap. Arterial'naya Gipertenziya (Arterial Hypertension). 2019;25(1):90-6. (In Russ.) Тихоненко В.М., Пивоваров В.В., Кормилицин А.Ю. и др. Определение артериального давления по тонам Короткова при наличии "аускультативного провала". Артериальная гипертензия. 2019;25(1):90-6. doi:10.18705/1607-419X-2019-25-1-90-96.
8. Gui Y, Chen F, Murray A, et al. Effect of Respiration on the Characteristic Ratios of Oscillometric Pulse Amplitude Envelope in Blood Pressure Measurement. Ann Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2018;2018:3646-9. doi:10.1109/EMBC.2018.8512996.
9. Lewis PS; British and Irish Hypertension Society's Blood Pressure Measurement Working Party. Oscillometric measurement of blood pressure: a simplified explanation. A technical note on behalf of the British and Irish Hypertension Society. J Hum Hypertens. 2019;33(5):349-51. doi:10.1038/s41371-019-0196-9.
10. Polosin VG, Gerashchenko SI, Gerashchenko MS, et al. Model of the elastic shell in the artery — cuff system. Reliability and quality of complex systems. 2023;(3):62-73. (In Russ.) Полосин В.Г., Геращенко С.И., Геращенко М.С. и др. Модель упругой оболочки в системе артерия — манжета. Надежность и качество сложных систем. 2023;(3):62-73. doi:10.21685/2307-4205-2023-3-8.
11. Chashchin AV. Systematic analysis of the unaccounted influence of occlusive procedures for measuring blood pressure on hemodynamics and the state of the body. System analysis and control in biomedical systems. 2022;21(2):98-104. (In Russ.) Чашин А.В. Системный анализ неучитываемого влияния окклюзионных процедур измерения артериального давления на гемодинамику и состояние организма. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2022;21(2):98-104. doi:10.36622/VSTU.2022.21.2.025.
12. Chashchin AV. Problematic questions about the effect on the state of the body and the results of measuring blood pressure of procedures with occlusive effects on the vascular system. Biomedicine Radioengineering. 2022;25(2-3):31-45. (In Russ.) Чашин А.В. Проблемные вопросы о влиянии на состояние организма и результаты измерения артериального давления процедур с окклюзионным воздействием на сосудистую систему. Биомедицинская радиоэлектроника. 2022;25(2-3):31-45. doi:10.18127/15604136-202202-04.
13. Solnceva TD, Sivakova OA, Chazova IE. From palpation of the pulse to cuff-free methods: evolution of arterial pressure measurement methods. Terapevticheskii arkhiv. 2021;93(4):526-31. (In Russ.) Солнцева Т.Д., Сивакова О.А., Чазова И.Е. От пальпации пульса до безманжетного измерения: эволюция способов определения артериального давления. Терапевтический архив. 2021;93(4):526-31. doi:10.26442/00403660.2021.04.200690.
14. Posokhov IN, Praskurnichiy EA, Orlova OS, et al. Validation Standards for Automatic Cuff-Based Sphygmomanometers: State of the Art. A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center Clinical Bulletin. 2024;1:5-13. (In Russ.) Посохов И.Н., Праскурничий Е.А., Орлова О.С. и др. Стандарты проверки точности автоматических манжеточных сфигмоманометров: современное состояние дел. Клинический вестник ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. 2024;1:5-13. doi:10.33266/2782-6430-2024-1-05-13.
15. Gorbunov VM, Smirnova MI, Kurekhyan AS, et al. Evaluation of office and ambulatory blood pressure in the practice of a primary care physician. Guidelines. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2023;22(7):3666. (In Russ.) Горбунов В.М., Смирнова М.И., Курехян А.С. и др. Оценка клинического и амбулаторного артериального давления в практической работе врача первичного звена здравоохранения. Методические рекомендации. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2023;22(7):3666. doi:10.15829/1728-8800-2023-3666.
16. Lakhal K, Macq C, Ehrmann S, et al. Noninvasive monitoring of blood pressure in the critically ill: reliability according to the cuff site (arm, thigh, or ankle). Crit Care Med. 2012;40(4):1207-13. doi:10.1097/CCM.0b013e31823dae42.
17. Kim JP, Bae S, Kim YH, et al. Effect of pressurization methods on the accuracy of wrist blood pressure measurement. Ann Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2010;2010:5744-7. doi:10.1109/IEMBS.2010.5627853.
18. Chigarev AV, Mikhasev GI. Biomechanics: Textbook. Minsk: Technoprint, 2004. 306 p. (In Russ.) Чигарев А.В., Михасев Г.И. Биомеханика: Учебное пособие. Минск: Технопринт, 2004. 306 с. ISBN: 985-464-501-0.
19. Liu J, Ou Y, Yan BP, et al. Comparisons of Oscillometric Blood Pressure Measurements at Different Sites of the Upper Limb. Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2018;2018:1168-71. doi:10.1109/EMBC.2018.8512349.
20. Karataev RN, Soiko AI, Sinitsyn IN, et al. Regression model of average blood pressure values when measured at the shoulder and wrist. Bulletin of Kazan State Technical University named after. A.N. Tupolev. 2010;1:136-40. (In Russ.) Каратаев Р.Н., Сойко А.И., Синицын И.Н. и др. Регрессионная модель средних значений артериального давления при измерениях на плече и на запястье. Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2010;1:136-40.
21. Mostafa MMA, Hasanin AM, Alhamade F, et al. Accuracy and trending of non-invasive oscillometric blood pressure monitoring at the wrist in obese patients. Anaesth Crit Care Pain Med. 2020;39(2):221-7. doi:10.1016/j.accpm.2020.01.006.
22. Vertkin AL, Sycheva AS, Kebina AL, et al. Comparative analysis of the results of measuring blood pressure with automatic tonometers in patients with atrial fibrillation. RMJ. Medical Review. 2021;5(4):189-95. (In Russ.) Верткин А.Л., Сычева А.С., Кебина А.Л. и др. Сравнительный анализ результатов измерения артериального давления автоматическими тонометрами у пациентов с фибрилляцией предсердий. РМЖ. Медицинское обозрение. 2021;5(4):189-95. doi:10.32364/2587-6821-2021-5-4-189-195.
23. Degtyaryov VA. To the point of auscultatory method for arterial pressure measuring in medical practice. Therapy. 2018;4(22):62-9. (In Russ.) Дегтярев В.А. К вопросу использования во вра-

- чебной практике аускультативного метода измерения артериального давления. Терапия. 2018;4(22):62-9.
24. Ishigami J, Charleston J, Miller ER 3rd, et al. Effects of Cuff Size on the Accuracy of Blood Pressure Readings: The Cuff(SZ) Randomized Crossover Trial. JAMA Intern Med. 2023;183(10):1061-8. doi:10.1001/jamainternmed.2023.3264.
25. Kuzmenkov RV, Romanovskaya AM, Romanovsky VF. Metrological features of measuring blood pressure. Chief metrologist. 2022;4(127):46-50. (In Russ.) Кузьменков Р.В., Романовская А.М., Романовский В.Ф. Метрологические особенности измерения артериального давления. Главный метрологист. 2022;4(127):46-50. doi:10.32446/2587-9677gm.2022-4-46-50.
26. Amoore JN. Extracting oscillometric pulses from the cuff pressure: does it affect the pressures determined by oscillometric blood pressure monitors? Blood Press Monit. 2006;11(5):269-79. doi:10.1097/01.mbp.0000217999.04592.7c.
27. Drobotyа NV, Guseynova ESh, Pirozhenko AA. Blood pressure measurement: method that stood the test of time. RMJ. 2018;11(I):36-40. (In Russ.) Дроботыа Н.В., Гусейнова Э.Ш., Пироженко А.А. Измерение артериального давления: метод, прошедший испытание временем. РМЖ. 2018;11(I):36-40.
28. Delfan N, Forouzanfar M. Hybrid Deep Morpho-Temporal Framework for Oscillometric Blood Pressure Measurement. IEEE J Biomed Health Inform. 2023;27(11):5293-301. doi:10.1109/JBHI.2023.3310868.
29. Pan F, He P, Pu X, et al. Influence of aging and increased blood pressure on oscillometric cuff pressure waveform characteristics. J Hypertens. 2021;39(11):2157-63. doi:10.1097/HJH.0000000000002921.
30. Metelskaya VA, Gomyranova NV, Yarovaya EB, Drapkina O.M. A complex marker for diagnosing increased arterial stiffness. Atherosclerosis. 2020;16(1):14-21. (In Russ.) Метельская В.А., Гомыранова Н.В., Яровая Е.Б., Драпкина О.М. Комплексный маркер диагностики повышенной жесткости артерий. Атеросклероз. 2020;16(1):14-21. doi:10.15372/ATER20200103.
31. Stergiou GS, Menti A, Asayama K, et al. Accuracy of automated cuff blood pressure monitors in special populations: International Organization for Standardization (ISO) Task Group report and call for research. J Hypertens. 2023;41(5):811-8. doi:10.1097/HJH.0000000000003403.
32. Posokhov IN. Valvular heart disease in the practice of a therapist: lectures. Moscow: FMBC named after A.I. Burnazyan; 2023. 134 p. (In Russ.). Посохов И.Н. Клапанная болезнь сердца в практике терапевта: лекции. М.: ФМБЦ имени А.И. Бурназяна; 2023. 134 с. ISBN: 978-5-93064-232-2.
33. Van Noorden R. Medicine is plagued by untrustworthy clinical trials. How many studies are faked or flawed? Nature. 2023;619(7970):454-8. doi:10.1038/d41586-023-02299-w.
34. Campbell NRC, Padwal R, Picone DS, et al. The impact of small to moderate inaccuracies in assessing blood pressure on hypertension prevalence and control rates. J Clin Hypertens (Greenwich). 2020;22(6):939-42. doi:10.1111/jch.13915.
35. Kontsevaya AV, Shalnova SA, Drapkina OM. ESSE-RF study: epidemiology and public health promotion. Cardiovascular Therapy and Prevention. 2021;20(5):2987. (In Russ.) Концевая А.В., Шальнова С.А., Драпкина О.М. Исследование ЭССЕ-РФ: эпидемиология и укрепление общественного здоровья. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2021;20(5):2987. doi:10.15829/1728-8800-2021-2987.
36. Boytsov SA, Pogossova 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.
37. O'Brien E, Parati G, Stergiou G, et al. European Society of Hypertension position paper on ambulatory blood pressure monitoring. J Hypertens. 2013;31(9):1731-68. doi:10.1097/HJH.0b013e328363e964.
38. Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). J Hypertens. 2023;41(12):1874-2071. doi:10.1097/HJH.0000000000003480.