

ISSN 1607-419X
ISSN 2411-8524 (Online)
УДК 616.12-008.331

Определение артериального давления по тонам Короткова при наличии «аускультативного провала»

В. М. Тихоненко, В. В. Пивоваров, А. Ю. Кормилицын, Г. К. Зайцев
Непубличное акционерное общество
«Институт кардиологической техники» (ИНКАРТ),
Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:
Зайцев Глеб Константинович,
НАО «ИНКАРТ»,
Выборгское ш., д. 22 А, литер А,
Санкт-Петербург, Россия, 194214.
E-mail: gkz@incart.ru

*Статья поступила в редакцию
15.03.18 и принята к печати 18.12.18.*

Резюме

Цель исследования — оценить клиническое значение аускультативного провала (АП) при суточном мониторинге артериального давления (СМАД) по тонам Короткова (ТК) и его возможные причины. **Материалы и методы.** Проведен СМАД у 60 больных в возрасте от 22 до 85 лет (средний возраст 51,3 года) среди которых было 24 женщины и 36 мужчин. У 24 пациентов диагностирована артериальная гипертензия. Было отобрано 2333 «незашумленных» измерений артериального давления (АД) при отсутствии экстрасистол (от 28 до 73 у каждого человека, в среднем 38,9). Десяти пациентам с выявленным АП проводилась синхронная регистрация электрокардиограммы (ЭКГ), давления в плечевой манжете и фонограммы ТК на правой руке и непрерывной неинвазивной кривой АД в пальце левой руки методом разгруженной артерии. **Результаты.** При суточном наблюдении АП был выявлен у 43 из 60 обследованных больных (71,7%). Установлено, что АП сопровождается снижением амплитуды пульсаций давления в манжете, а по его окончании происходит восстановление амплитуды. Такая синхронная динамика ТК и амплитуды пульсаций давления наблюдалась во всех 124 случаях измерений с АП. Учитывая, что амплитуда пульсаций зависит от соотношения АД и давления в манжете и не зависит от фазы ТК, можно предположить, что АП — это не особенность ТК, а истинные колебания АД. Для проверки данного предположения давление в манжете и ТК сопоставляли с данными непрерывного измерения давления в артерии. Во всех случаях, когда давление в артерии во время систолы превышало давление в манжете, появлялись ТК. В дальнейшем колебания АД приводили к уменьшению систолического АД и давление в артерии не достигало давления в манжете, ТК не регистрировались. Дальнейшее снижение давления в манжете приводило к повторному появлению ТК. **Выводы.** Феномен АП связан не с индивидуальными особенностями ТК, а с истинными, в основном дыхательными колебаниями систолического АД. Первое и повторное появление ТК показывает уровень систолического АД в разные моменты дыхательных колебаний АД и может косвенно свидетельствовать о величине таких колебаний.

Ключевые слова: аускультативный провал, тоны Короткова, непрерывное неинвазивное измерение артериального давления

Для цитирования: Тихоненко В. М., Пивоваров В. В., Кормилицын А. Ю., Зайцев Г. К. Определение артериального давления по тонам Короткова при наличии «аускультативного провала». Артериальная гипертензия. 2019;25(1):90–96. doi:10.18705/1607-419X-2019-25-1-90-96

Evaluation of blood pressure using Korotkoff's sounds in case of auscultatory gap

V. M. Tikhonenko, V. V. Pivovarov,
A. Y. Kormilitsyn, G. K. Zaitsev
JSC INKART, St Petersburg, Russia

Corresponding author:
Gleb K. Zaitsev,
JSC INKART,
22A, letter A Viborgskoe shosse,
St Petersburg, Russia, 194214.
E-mail: gkz@incart.ru

Received 15 March 2018;
accepted 18 December 2018.

Abstract

Objective. To assess the clinical significance of auscultatory gap (AG) found by the 24-hour ambulatory blood pressure monitoring (ABPM) using the Korotkoff's sounds (KS) and its potential causes. **Design and methods.** 24-hour ABPM was performed in 60 patients (mean age 51,3 years, range 22–85 years), including 24 women and 36 men. In 24 patients, hypertension was diagnosed. In total, 2333 blood pressure (BP) measurements without “noise contamination” were selected for subsequent analysis (38,9 measurements per patient; from 28 to 73 measurements). The simultaneous recording of electrocardiogram (ECG), brachial cuff pressure, and KS phonograms on the right hand, as well as continuous recording of non-invasive BP curve in the left finger using the volume clamp technique were performed in 10 patients with AG. **Results.** Based on the 24-hour ABPM, AG was shown in 43 of 60 subjects (71,7%). The AG was found to be associated with a decreased amplitude of fluctuations of the cuff pressure; upon its termination, the amplitude recovered. The above synchrony of changes in KS and amplitude of pressure fluctuations was found in all 124 cases which demonstrated AG during BP measurement. We assume that AG is a true variation of BP rather than a feature of KS, as the fluctuation amplitude depends on the ratio of BP and cuff pressure but does not depend on the KS phase. To test the hypothesis, the cuff pressure and KS were compared to the continuously monitored arterial pressure. When the systolic arterial pressure exceeded the cuff pressure, the KS appeared. Later on, the BP fluctuations led to a decrease in systolic BP; the arterial pressure did not reach the cuff pressure and, therefore, KS were not recorded. Subsequent decrease in the cuff pressure led to re-appearance of KS. **Conclusions.** The auscultative gap phenomenon is associated with true (mostly respiratory) variations of systolic BP rather than with features of KS in individual patients. The initial and repetitive KS occur at certain systolic BP levels depending on the BP respiratory fluctuations and may indirectly indicate the amplitude of fluctuations.

Key words: auscultatory gap, Korotkoff's sounds, continuous non-invasive blood pressure measurement

For citation: Tikhonenko VM, Pivovarov VV, Kormilitsyn AY, Zaitsev GK. Evaluation of blood pressure using Korotkoff's sounds in case of auscultatory gap. *Arterial'naya Gipertenziya = Arterial Hypertension*. 2019;25 (1):90–96. doi:10.18705/1607-419X-2019-25-1-90-96

Введение

Одним из ограничений акустического метода измерения артериального давления (АД) по Короткову считается появление у некоторых больных так называемого аускультативного провала (АП) [1, 2], когда появившиеся тоны Короткова (ТК) исчезают

при дальнейшем снижении давления в манжете, а затем вновь появляются при более низком значении давления. Данный феномен препятствует однозначному определению систолического АД (САД), так как нет четких рекомендаций о том, какой момент появления ТК (первый или второй) считать

точкой САД [3]. У некоторых больных подобные расхождения могут достигать 15 мм рт. ст. и более и приводить к неверным выводам о наличии или отсутствии артериальной гипертензии (АГ).

Этот феномен встречается и при суточном мониторинговании АД (СМАД) [4], снижая точность метода. Его распространенность при СМАД и влияние на получаемые результаты практически не изучены.

Цель настоящей работы — оценить клиническое значение АП при СМАД и его возможные причины.

Материалы и методы

Обследовано 60 больных в возрасте от 22 до 85 лет (средний возраст $51,3 \pm 14,9$ года), среди которых было 24 женщины и 36 мужчин. У 24 пациентов была диагностирована АГ 1–2-й степени, причем у 10 из них отмечено повышение в основном САД, а у 14 — повышение систолического и диастолического АД (ДАД). Еще у 11 человек значения АД были в пределах пограничной АГ, а у 25 — в пределах нормальных значений. Данные СМАД были получены с помощью комплекса холтеровского мониторингования «Кардиотехника-07-АД-3» (Инкарт, Санкт-Петербург, Россия), в котором для измерения АД используются два метода — акустический по Короткову и осциллометрический, и регистрация ТК и давления в манжете во время измерения осуществляется синхронно с электрокардиограммой (ЭКГ).

Учитывая, что при возникновении аритмии во время измерения АД тоже может наблюдаться исчезновение ТК, для исследования отбирались больные с синусовым ритмом без частой экстрасистолии — при числе экстрасистол за сутки более 5000 пациенты исключались. У двух человек не были выявлены нарушения ритма за сутки, у 55 лиц зарегистрирована редкая экстрасистолия не более 500 за сутки и только у троих — более частая. Для дальнейшего анализа отбирались только измерения АД, во время которых не наблюдались аритмии — если экстрасистолия возникала вблизи момента измерения САД (2 сердечных цикла до появления ТК, до цикла с максимальным уровнем ТК), то такое измерение исключалось.

В исследование включались только «незашумленные» измерения АД — если при измерении возникали помехи, препятствующие точному выявлению ТК или измерению амплитуды пульсаций давления в манжете, то такие измерения исключались. Всего у 60 больных было отобрано 2333 измерения АД от 28 до 73 у каждого человека (в зависимости

от количества забракованных измерений), в среднем $38,9 \pm 11,1$ (Ср. $\pm$ СКО).

На следующем этапе исследования 10 пациентам проводилась синхронная регистрация ЭКГ, давления в плечевой манжете и фонограммы ТК на правой руке и непрерывной кривой АД в пальце левой руки неинвазивным методом разгруженной артерии [5–8]. Для второго этапа исследования отбирались пациенты с отсутствием разницы АД на правой и левой руках (разница менее 5 мм рт. ст.), у которых был выявлен АП при суточном мониторинговании АД и которые дали информированное согласие. Для измерений использовался прибор «Кардиотехника-САКР» (Инкарт, Санкт-Петербург, Россия). Давление в пальце корректировалось к уровню расположения сердца. Исследование проводилось в кабинете в положении исследуемого сидя. Для каждого больного проводилось 10 измерений АД манжеточным методом с интервалом 5 минут. В течение всего времени проводилась непрерывная регистрация АД в пальце. Методика совместного анализа позволяла детально интерпретировать особенности возникновения ТК при вариациях АД.

Согласно выполненным различными авторами исследованиям, неинвазивный метод разгруженной артерии представляет достаточную точность оценки изменения АД и является допустимой альтернативой инвазивному измерению АД в задачах оценки изменения давления. В исследовании G. Parati и соавторов (1989) показано, что расхождение абсолютных значений САД и ДАД, полученных в состоянии покоя одновременно методом разгруженной артерии в пальце и инвазивным методом в лучевой артерии, составляет $5,4 \pm 2,9$ мм рт. ст. [9]. Величины вариаций давления во время выполнения нагрузочных тестов совпадали, и расхождение не превышало 4,3 мм рт. ст. для САД и 2 мм рт. ст. для ДАД. В другой работе авторы сравнивали метод разгруженной артерии в пальце с инвазивным измерением во время проведения хирургических операций [10]. Было показано, что значения САД и ДАД, полученные двумя методами, значимо коррелируют (коэффициент корреляции 0,96 и 0,93 соответственно), при этом разница измерений не зависит от частоты сердечных сокращений и уровня АД.

При статистической обработке полученных результатов нами использовались метод Стьюдента для параметрических и точный метод Фишера для непараметрических данных.

Результаты и обсуждение

При суточном наблюдении АП был выявлен у 43 из 60 обследованных больных (71,7%). У большинства пациентов АП встречался в одном (11 слу-

чаев) или двух измерениях (16 случаев), однако у шести он был выявлен в 5 и более измерениях АД (до 14 за сутки). В среднем по всей группе больных число измерений с АП составило $4,9 \pm 5,1$ % от всех измерений АД.

Согласно международному протоколу IP2 валидации приборов измерения АД [11], точность принято классифицировать в следующих интервалах: А 0–5 мм рт. ст., В 6–10 мм рт. ст., С 11–15 мм рт. ст. и D > 15 мм рт. ст. По указанным границам было произведено разделение на группы разницы давления при появлении первого и второго ТК. У большинства больных она была небольшой. Менее 10 мм рт. ст. (интервал А, В) у 17 пациентов (28,3%), от 11 до 14 мм рт. ст. — у 25 больных, но у 18 человек (30%) она превысила 15 мм рт. ст. (интервал D), доходя до 27 мм рт. ст. (в среднем $19,3 \pm 4,7$ мм рт. ст.). Таким образом, у трети больных возникновение данного феномена могло привести к значительной погрешности в отдельных измерениях АД, а у каждого двадцатого — и к погрешности оценки средних за сутки величин АД.

Феномен АП выявлялся с одинаковой частотой у женщин (74%) и у мужчин (70%), но число измерений с АП и выявляемость АП с разницей давления более 15 мм рт. ст. были незначимо ($p > 0,05$) выше у женщин. У них зарегистрировано $2,5 \pm 0,5$ измерений с АП, тогда как у мужчин — только $1,8 \pm 0,4$. Среди женщин в 39% случаев наличия АП разница давлений превышала 15 мм рт. ст., тогда как у мужчин — только в 24%.

Чаще встречался АП и при увеличении возраста обследованных — у больных до 60 лет включительно он был выявлен в 64% случаев, тогда как после 60 лет — уже в 85% наблюдений (по критерию Хи-квадрат $p = 0,09$). Число измерений АД с АП в суточной записи было в среднем 1,5 при ошибке среднего $\pm 0,6$ у лиц до 40 лет, $1,8 \pm 0,5$ — у лиц в возрасте 40–60 лет и достигало $2,8 \pm 0,3$ у пациентов старше 60 лет.

Наибольшая разница в выявлении АП была у больных АГ по сравнению с пациентами с нормальным АД. При АГ он был выявлен в 82,6% случаев, а при ее отсутствии — только у 64% больных. Выраженные изменения давления, превышающие 15 мм рт. ст., встречались при АГ вдвое чаще, чем при ее отсутствии (43,5% и 22,2%). Также число измерений АД с АП у больных АГ оказалось вдвое больше ($2,9 \pm 0,5$), чем у пациентов без АГ ($1,5 \pm 0,4$, $p < 0,05$), притом, что общее число измерений в этих группах было сопоставимым ($41,2 \pm 2,7$ и $37,9 \pm 2,3$).

Мы отметили, что только у единичных больных феномен АП выявлялся регулярно от измерения к измерению в течение части суток. Это можно было видеть у 3 пациентов. Даже в группе пациентов с выявленным АП он появлялся только в 7,8% измерений и вероятность того, что он появится при повторном измерении, составляла 1 к 13. На основании этого можно рекомендовать при выявлении данного феномена повторить измерение АД (автоматически в случае СМАД или вручную в случае

Рисунок 1. Измерение артериального давления с феноменом аускультативного провала. Пример (сверху вниз) электрокардиограммы, величины давления в манжете, фонограммы тонов Короткова, пульсации давления в манжете в увеличенном масштабе

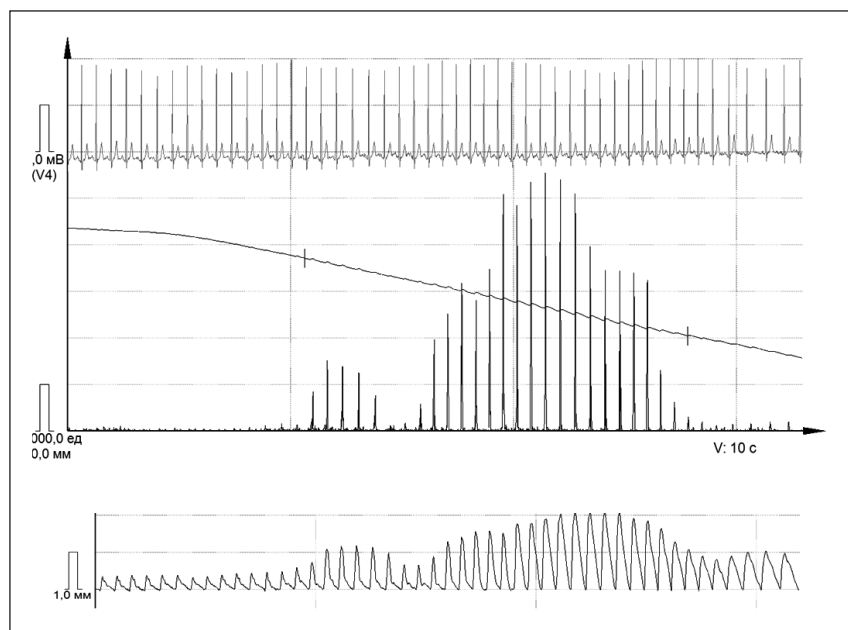
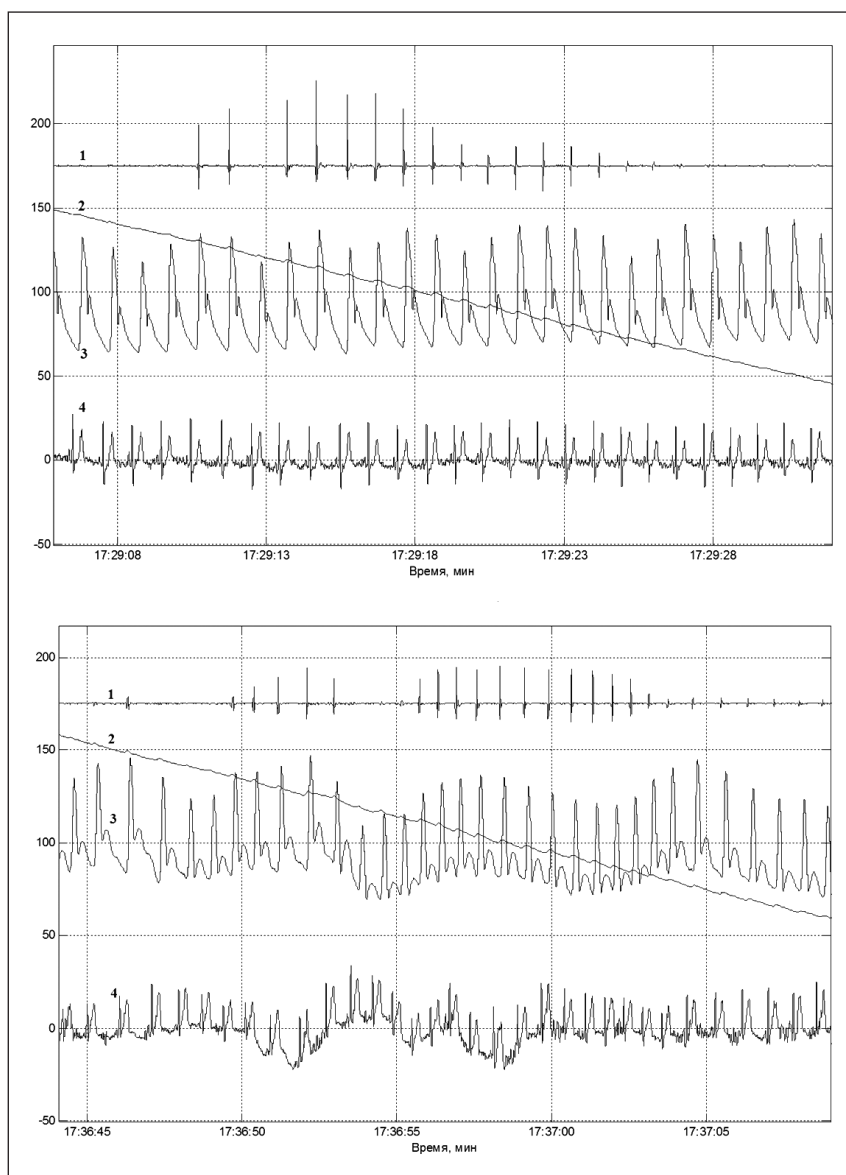


Рисунок 2. Пример (сверху вниз) записи фонограммы тонов Короткова (1), давления в плечевой манжете (2), непрерывного давления в артерии (3) и ЭКГ (4)



Примечание: Верхний фрагмент — незначительные дыхательные колебания артериального давления, не превышающие 10 мм рт. ст., тем не менее могут приводить к выпадению одного тона Короткова. Нижний фрагмент показывает выпадение нескольких тонов Короткова при выраженных колебаниях артериального давления, превышающих 30 мм рт. ст.

разового измерения АД). За редким исключением при повторном измерении АД не будет регистрироваться.

Данный факт несколько противоречит стандартному объяснению происхождения феномена АД. Принято считать, что АД возникает у некоторых больных из-за индивидуальных особенностей ТК — их низкой амплитуды во второй фазе тонов [12–15]. Если бы это была индивидуальная особенность, то АД встречался бы у небольшого числа пациентов, но при этом регистрировался бы воспроизводимо от измерения к измерению. Исходя из полученных результатов, АД наблюдается у большинства пациентов, но в единичных измерениях.

При анализе измерения АД с феноменом АД выявлено, что во время исчезновения тонов происходит и снижение амплитуды пульсаций давления в манжете, а при их повторном появлении — восстановление амплитуды. Это можно видеть на рисунке 1. В измерениях АД с феноменом АД наблюдается не равномерный, а двугорбый график амплитуды пульсаций давления в манжете при уменьшении «постоянного» уровня давления в манжете (рис. 1, нижняя кривая). В данных измерениях и осциллометрический метод измерения приводил к выраженной неоднозначности определения САД и давал значительную погрешность, сравнимую с таковой при применении метода Короткова. В связи с этим осциллометрический ме-

тод подвержен влиянию АП в той же степени, что и метод Короткова.

Такая синхронная динамика ТК и амплитуды пульсаций давления наблюдалась во всех 124 случаях измерений с АП, что исключает случайный характер взаимосвязи. Учитывая, что амплитуда пульсаций зависит от соотношения АД и давления в манжете и не зависит от фазы ТК, можно предположить, что АП — это не особенность ТК, а истинные колебания САД.

Для проверки данного предположения проведена вторая часть исследования, когда давление в манжете и ТК сопоставляли с непрерывно измеренным давлением в артерии. Пример такого измерения показан на рисунке 2. Можно видеть, что когда давление в артерии во время систолы желудочков превышает давление в манжете, появляются ТК. В дальнейшем колебания АД приводят к уменьшению САД, и давление в артерии не достигает давления в манжете — ТК не регистрируются. Дальнейшее снижение давления в манжете приводит к повторному появлению ТК. Таким образом, и первое, и повторное появление ТК показывает уровень САД, только в разные фазы колебаний АД. Наиболее значимым фактором колебания АД у человека в состоянии покоя является дыхание. При вдохе давление уменьшается, при выдохе увеличивается. Пример колебаний АД, вызванных дыханием, приведен на верхнем графике рисунка 2, период дыхания соответствует 3–4 сердечным циклам.

За краткое время второго исследования (65–85 минут) измерения с АП наблюдались у 5 из 10 больных. Во всех случаях возникновения АП соотношение давления в манжете и АД были аналогичны представленным на рисунке 2 — истинные колебания САД, фиксируемые в пальце левой руки, вызывали временное появление ТК тогда, когда значение САД превышало текущий уровень давления в плечевой манжете, и исчезновение ТК в противоположном случае, когда САД становилось ниже текущего уровня давления в плечевой манжете.

Полученные данные позволяют предположить, что феномен АП связан не с индивидуальными особенностями ТК, а с истинными, в основном дыхательными колебаниями САД, и возникает только в том случае, когда изменение САД от сокращения к сокращению сердца превышает величину снижения давления в манжете за это время.

Можно сделать вывод, что при выявлении АП во время офисного измерения АД следует повторить измерение, и с большой вероятностью АП в нем не будет регистрироваться.

При обнаружении АП во время СМАД нужно учесть, в скольких измерениях АД он регистрируется: при единичных измерениях его влияние на результаты будет незначительным, но если он появляется более чем в 20 % измерений (что, по нашим данным, встречается у каждого двадцатого больного), то может привести к неправильной оценке суточного профиля АД (ошибочным выводам), если не учитывать его наличие. В заключении по СМАД следует отражать информацию о частоте феномена АП и его выраженности, это поможет практикующему врачу корректнее интерпретировать результаты обследования. Вероятно, можно рекомендовать разработчикам систем СМАД автоматически выявлять данный феномен и информировать врача о его частоте.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Список литературы / References

1. Крылов Д. О. Об определении кровяного давления по звуковому способу Н. С. Короткова. Известия Императорской Военно-медицинской академии. СПб. 1906;13(2):113–135. [Krylov DO. The determination of the blood pressure by the acoustical means of NS Korotkov. Izvestiya Imperatorskoi Voenno-Meditsinskoy Akademii = Reports of the Imperial Military Medicine Academy. 1906;13(2):113–135. In Russian].
2. Коротков Н. С. К вопросу о методах исследования кровяного давления. Известия Императорской Военно-медицинской академии. СПб. 1905;11(4):365–367. [Korotkoff NS. On the subject of methods of measuring blood pressure. Izvestiya Imperatorskoi Voenno-Meditsinskoy Akademii = Reports of the Imperial Military Medicine Academy. 1905;11(4):365–367. In Russian].
3. Приказ МЗ РФ № 4 от 24 января 2003 г. «О мерах по совершенствованию организации медицинской помощи больным с артериальной гипертензией в Российской Федерации». [Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 4 of January 24, 2003 “On measures on improvement of the organization of medical care for patients with arterial hypertension in the Russian Federation”. In Russian].
4. Тихоненко В. М., Рогоза А. Н., Гориева Ш. Б., Павлова Т. С. Два метода измерения АД при суточном мониторинге. Функциональная диагностика. 2007;(1):52–57. [Tikhonenko VM, Rogozha AN, Gorieva SB, Pavlova TS. Two methods of measuring BP with 24-hour ambulatory monitoring. Functional Diagnostics. 2007;(1):52–57. In Russian].
5. Пивоваров В. В., Лебедева М. А., Панкова Н. Б., Носкин Л. А., Румянцев А. Г. Диагностика функционального состояния сердечно-сосудистой системы детского организма методом спиреокардиокардиографии. Российский педиатрический журнал. 2005;8(1):8–12. [Pivovarov VV, Lebedeva MA, Pankova NB, Noskin LA, Romyantsev AG. Diagnosis of the functional state of the cardiovascular system of the child's body by the method of spiroarteriocardiorhythmography. Russian Pediatric Journal. 2005;8(1):8–12. In Russian].
6. Pivovarov VV. A Spiroarteriocardiorhythmograph. Biomedical Engineering. 2006;40(1):45–47.

7. Pivovarov VV. Information-measuring system for functional diagnostics of nervous regulation of blood circulation. Part II. The implementation. Automation and Remote Control. 2011;72(3): 671–676.
8. Pivovarov VV, Zaitsev GK, Sizov VV. Adaptive exercise stress system SAKR-VELO for Load Tests. Biomedical Engineering. 2015;49 (2):74–78.
9. Parati G, Casadei R, Groppelli A, Di Rienzo M, Mancia G. Comparison of finger and intra-arterial blood pressure monitoring at rest and during laboratory testing. Hypertension. 1989;13 (6 Pt 1):647–655.
10. Martina JR, Westerhof BE, van Goudoever J, de Beaumont EM, Truijzen J, Kim YS et al. Noninvasive continuous arterial blood pressure monitoring with Nexfin. Anesthesiology. 2012;116 (5):1092–1103.
11. O'Brien E, Atkins N, Stergiou G, Karpettas N, Parati G et al. European society of hypertension international protocol revision 2010 for the validation of blood pressure measuring devices in adults. Blood Pressure Monitoring. 2010;15(1):23–38.
12. Askey JM. The Auscultatory gap in sphygmomanometry. Ann Intern Med. 1974;80(1):94–97.
13. Cavallini MC, Roman MJ, Blank SG, Pini R, Pickering TG, Devereux RB. Association of the auscultatory gap with vascular disease in hypertensive patients. Ann Intern Med. 1996;124 (10):877–883.
14. Frech TM, Penrod J, Battistone MJ, Sawitzke AD, Stults BM. The prevalence and clinical correlates of an auscultatory gap in systemic sclerosis patients. Int J Rheumatol. 2012;2012(1):590845. doi:10.1155/2012/590845
15. Blank SG, West JE, Müller FB, Pecker MS, Laragh JH, Pickering TG. Characterization of auscultatory gaps with wideband external pulse recording. Hypertension. 1991;17(2):225–233.

Информация об авторах

Тихоненко Виктор Михайлович — доктор медицинских наук, профессор центра «Кардиология» СПбГУ, НАО «ИНКАРТ»;

Пивоваров Владимир Вячеславович — доктор технических наук, заместитель директора по науке НАО «ИНКАРТ»;

Кормилицын Александр Юрьевич — технический директор НАО «ИНКАРТ»;

Зайцев Глеб Константинович — научный сотрудник НАО «ИНКАРТ».

Author information

Viktor M. Tikhonenko, MD, PhD, DSc, Professor, Centre “Cardiology” of St Petersburg State University, JSC INKART.

Vladimir V. Pivovarov, MD, PhD, DSc, Deputy Director for Science, JSC INKART.

Alexander Yu. Kormilitsyn, Technical Director, JSC INKART.

Gleb K. Zaitsev, Researcher, JSC INKART.