

АРТЕРИАЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ: ВТОРАЯ ЖИЗНЬ «РУТИННОГО» МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ

Хурса Р.В.

УО «Белорусский государственный медицинский университет»

Минск, Беларусь

rvkhursa@tut.by

Способ количественного анализа связей параметров артериального давления пациента в динамическом ряду его величин позволяет определять гемодинамические фенотипы как новую характеристику особенностей индивидуального кровообращения, имеющую значение для персонализации подходов к лечению и профилактике нарушений кровообращения. С помощью этого способа открыта не известная ранее закономерность, существующая независимо от уровня измеряемого

АД, определяющая критерии оптимума («идеальной нормы») функциональной согласованности сердечной и сосудистой составляющих кровообращения, согласно полученным коэффициентам.

Ключевые слова: *артериальное давление, количественный анализ, «золотая» пропорция, гемодинамический фенотип.*

BLOOD PRESSURE: THE SECOND LIFE OF THE “ROUTINE” DIAGNOSTIC METHOD

Khursa R. V.

Belarusian State Medical University

Minsk, Belarus

The method of quantitative analysis of the relationships between the parameters of a patient's blood pressure in the dynamic set of its values allows determining the hemodynamic phenotypes as a new characteristic of the individual blood circulation features, which is important for personalizing approaches to the treatment and prevention of circulatory disorders. The unknown previously regularity existing regardless of the blood pressure level was discovered by this method. This regularity demonstrates the criteria for defining of the optimum («ideal norm») of the functional consistency between the cardiac component and vascular ones in blood circulation according to received coefficients.

Key words: *blood pressure, quantitative analysis, “golden” proportion, hemodynamic phenotype.*

Артериальное давление, как известно, характеризуется несколькими параметрами, из которых в обычной практике используются систолическое давление (САД), диастолическое (ДАД) и пульсовое (ПД, ПД=САД–ДАД), которые анализируют относительно принятых норм и целевых уровней. Реже используется среднее гемодинамическое давление (СрД) – искусственно выделяемый показатель энергии непрерывного тока крови (без систоло-диастолической пульсации), достаточно стабильный, считающийся индикатором согласованности регуляции кровообращения (минутного объема крови и общего периферического сосудистого сопротивления) [1]. Показатель СрД обладает несомненным клиническим потенциалом, но из-за

несовершенства способов его определения востребован мало – главным образом, в интенсивной терапии и анестезиологии. Однако современные методы статистического анализа и компьютеризация практического здравоохранения открывают новые возможности извлечения клинически ценной информации из результатов даже «рутинных» методов исследования. Нами разработан метод определения гемодинамического фенотипа путем количественного анализа связей параметров АД (КАСПАД) в линейной регрессии САД и ДАД по ПД в индивидуальном динамическом ряду их величин [2].

Цель: исследовать возможности метода КАСПАД для оценки индивидуальных особенностей функциональной согласованности сердечной и сосудистой составляющих процесса кровообращения.

Материалы и методы. Проведен теоретический анализ регрессионных коэффициентов в модели КАСПАД: их соотношений и связи с пропорцией «золотого сечения» ($ZC \sim 0,618 / 0,382$) как критерия функционального оптимума (в синергетике эти числа характеризуют оптимум, гармонию противоположных состояний [3, 4]). В эмпирической части исследования использованы данные амбулаторных измерений АД аускультативным методом у лиц разного пола, возраста и состояния здоровья в течение 1-4 недель (по 6-27 величин у каждого): 200 практически здоровых нормотензивных людей – группа 1; 79 пациентов с впервые выявленной артериальной гипертензией (АГ) 1-2 ст., риск 1-3 до начала лечения – 2; 200 пациентов АГ с при постоянном лечении – 3. У каждого определялись фенотип по КАСПАД и СрД тремя наиболее известными авторскими формулами [5]: $СрД = ДАД + 0,33 \cdot ПД$ (Хикэм); $СрД = ДАД + 0,4 \cdot ПД$ (Simonyi et al.); $СрД = ДАД + 0,5 \cdot ПД$ (Н. Н. Савицкий). В группах наблюдения при разных фенотипах сравнивались (по Т-критерию Вилкоксона) величины СрД, полученные разными формулами расчета, и коэффициента Q ; значения признаков представлены как $M \pm m$ или $Me [Q25\% - Q75\%]$, доли – как % (95% ДИ); за критический уровень значимости различий принят $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Общий вид линейной регрессии в КАСПАД – сопряженные уравнения: $САД = Q + a \cdot ПД$ (1); $ДАД = Q + (a - 1) \cdot ПД$ (2),

где Q , a , $(a - 1)$ – коэффициенты, выраженные *индивидуальными числовыми значениями* и имеющие биофизический смысл: Q характеризует давление крови в отсутствие пульсации (при $ПД=0$), т.е. формально является аналогом СрД; угловые коэффициенты a и $(a - 1)$ отражают соответственно участие работы сердца и «периферического сердца» в продвижении крови. Нахождение индивидуального значения коэффициента a в установленных границах с соответствующим им соотношением параметров САД, ДАД и Q определяет гемодинамический фенотип: гармонический (Г), с нормальным соотношением $ДАД < Q < САД$ – при $0 < a < 1$; дисфункциональный диастолический (ДД), с увеличенной ролью сердечной составляющей, – при $1 < a < 2$ и $Q < ДАД < САД$; дисфункциональный систолический (ДС), отражающий увеличенную роль «периферического сердца», – при $-1 < a < 0$ и $ДАД < САД < Q$.

Простое математическое преобразование уравнения (2) приводит к выражению: $Q = ДАД - (a - 1) \cdot ПД$ (3). Очевидно, если $a = 0,67$, то $(a - 1) = -0,33$,

тогда (3) имеет вид известной формулы Хикэма для расчета СрД: $Q = \text{ДАД} + 0,33 \cdot \text{ПД}$. Аналогично при $a=0,6$ и $a=0,5$ получаются расчетные формулы Simonyi et al. И Н. Н. Савицкого с множителями при ПД 0,4 и 0,5 соответственно.

Такие значения a (0,67; 0,6; 0,5) достаточно близки к ЗС (0,618 ~ 0,6) и относятся только к фенотипу Г. Из связи между регрессионными коэффициентами a и Q в (3) видно, что формула расчета СрД по Simonyi et al. Наиболее адекватна оптимальному гармоническому кровообращению: если $a \sim 0,6$, то $(a-1) \sim 0,4$.

При дисфункциональных фенотипах границы значений коэффициента a не соответствуют ни одной из рассмотренных формул расчета СрД, соотношения параметров САД, ДАД и Q (СрД) не отвечают нормальной физиологии, что уже в теории указывает на отсутствие тождества величин Q и СрД. Кроме того, границы a , далекие от ЗС, подтверждают «негармоничность» кровообращения данных фенотипов. Ранее нами установлено, что при дисфункциональных фенотипах (в частности, при ДД), связи между параметрами АД существенно нелинейны [6]. Это принципиально отличает такое кровообращение от гармонического, являясь признаком вмешательства регуляторных систем, латентных гемодинамических нарушений, что само по себе имеет клиническое значение для персонализации подходов к лечению и профилактике.

Анализ фактических данных показал следующее. Возраст пациентов групп 1–3 различался – $22,2 \pm 0,10$; $41,1 \pm 1,49$ и $59,2 \pm 1,08$ лет соответственно ($p < 0,05$). Среднее измеряемое АД за период наблюдения также ожидаемо различалось в группах 1–3 соответственно: САД – $113,9 \pm 0,92$ мм рт.ст.; $143,7$ [138-153] мм рт.ст. и $143,1 \pm 0,91$ мм рт.ст.; ДАД – $74,4 \pm 0,66$ мм рт.ст.; $86,5$ [82,5-91,0] мм рт.ст. и $93,8 \pm 1,14$ мм рт.ст. В группе 1 преобладал фенотип Г – 68,5% (62,9-74,9), его доля существенно не отличалась от группы 2 – 60,8% (50,0-71,6), но была статистически значимо большей, чем в группе 3 – 15,5% (10,5-20,5), $p < 0,001$. В группе 3 преобладал фенотип ДД – 62,0% (55,3-68,7), превышая его долю в группах 1 и 2 ($p < 0,001$) – 12,5% (7,9-17,1) и 30,4% (20,3-40,5) соответственно. Фенотип ДС был редок – 2,5%, 2,5% и 1,5% в группах 1-3 соответственно.

Фактические расчетные величины СрД, полученные разными использованными способами, статистически значимо ($p < 0,05$) различались между собой во всех группах наблюдения и независимо от гемодинамического фенотипа, подтверждая проблематичность определения данного показателя. В группах 1 и 2 в целом величины Q не отличались от СрД по Хикэму ($p > 0,05$), в группе 3 значимо отличались от всех расчетных СрД ($p < 0,05$).

В каждой из групп с высокой статистической значимостью различались параметры фенотипов – коэффициенты a (подтверждая надежность их дифференциации) и Q , значения которого снижались с увеличением a (при ДД) и увеличивались со снижением a (при ДС). Величина Q прямо зависела от величины измеряемого АД, существенно различаясь между группами в одноименных фенотипах. Средняя величина Q при фенотипе Г в группе 1 была в границах принятой нормы СрД – $87,9$ [79,9-96,4] мм рт.ст. и соответствовала

расчетному СрД по формуле Хикэма, $p > 0,05$. В группах 2 и 3 значения Q , согласно диагнозу, были выше: 117,7 [109,2-130,3] мм рт.ст. и 104,0 [99,2-124,4] мм рт.ст., не отличаясь в группе 2 от СрД по Simonu \acute{e} et al., в группе 3 – от всех расчетных СрД. Эти данные подтверждают биофизический смысл коэффициента Q , как формального аналога СрД при фенотипе Г, независимо от уровня АД, а также адекватность каждой использованной формулы в частных случаях.

При фенотипах ДД и ДС в каждой из групп величины Q значимо отличались и от нормы СрД, и от всех расчетных величин СрД, демонстрируя не тождественность этих показателей, что в совокупности с несоответствием величин коэффициента a пропорции ЗС при данных фенотипах, указывает на нарушение оптимума функциональной согласованности механизмов регуляции.

У всех пациентов со значениями регрессионного коэффициента $a = 0,57 - 0,67$ ($0,618 \pm 8\%$ – принятый за норму диапазон отклонений от ЗС [4]) определены величины Q и расчетные СрД. В группах 1 и 2 средние значения Q составили 90,65 [87,5-97,1] мм рт.ст. и 113,1 [111,3-117,3] мм рт.ст. соответственно, и были наиболее близки к расчетным значениям СрД по Simonu \acute{e} et al. В обеих группах, как предполагалось в теории ($p > 0,05$); в группе 3 пациентов с таким диапазоном значений a не было. Полученные данные демонстрируют условия определения оптимума регуляторной согласованности сердечной и сосудистой составляющих кровообращения: соответствие коэффициента a указанному диапазону ЗС (0,57–0,67), в котором значение коэффициента Q равно индивидуальной величине СрД.

Заключение. Способ КАСПАД позволил открыть новые возможности в «рутинном» методе измерения АД – определение гемодинамических фенотипов как отдельной характеристики особенностей индивидуального кровообращения. При гармоническом фенотипе регуляторные механизмы обеспечивают оптимальное пропорциональное взаимодействие сердечной и сосудистой составляющих в процессе продвижения крови, тогда как дисфункциональные фенотипы являются признаком регуляторной перестройки, сопряженной с латентными гемодинамическими нарушениями. Определение гемодинамического фенотипа имеет клиническое значение для персонализации подходов к лечению и медицинской профилактике нарушений кровообращения.

С помощью КАСПАД открыта не известная ранее закономерность, объективно существующая независимо от уровня измеряемого АД, которая представляет критерии оптимума («идеальной нормы») функциональной согласованности сердечной и сосудистой составляющих кровообращения – диапазон значений углового коэффициента a , отвечающий пропорции «золотого сечения» (0,57–0,67) и соответствующие ему величины коэффициента Q , эквивалентные СрД.

Список литературы

1. Савицкий, Н. Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики/Н. Н. Савицкий. – Ленинград: Медицина, изд. 3-е, испр. И доп., 1974. – 311 с.

2. Метод определения гемодинамического фенотипа: инструкция по применению: утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 14.12.2018, регистр № 171-1218 [Электронный ресурс] / авт.: Р.В. Хурса, И.Л. Месникова, Н.М. Еремина, М.В. Войтикова; учреждения-разработчики: УО «БГМУ», институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси. – Минск, 2018. – 13 с. – Режим доступа: <https://www.bsmu.by/page/8/4184/>; Минск, БГМУ. – 2019. – 13 с.

3. Малов, Ю. С. Взгляд клинициста на проблему здоровья и болезней человека /Ю. С. Малов // Здравоохранение. – 2015.–№ 8. – С. 18-26.

4. Цветков, В. Д. Золотая гармония и сердце /В. Д. Цветков. – Пушино: «Фотон-век», 2008. – 204 с.

5. Katz ED, Ruoff BE. Commonly Used Formulas and Calculations. In: Roberts and Hedges'. Clinical Procedures in Emergency Medicine. 7th ed. Elsevier Mosby Publishing; 2017:1529.

6. Хурса, Р. В., Войтикова, М. В. Линейные зависимости в параметрах артериального давления: обоснование и применение для определения гемодинамического фенотипа / Р. В. Хурса, М. В. Войтикова // Здравоохранение. – 2021. – №3. – С.44-55.