

Ю.Э. ТЕРЕГУЛОВ

УДК 616.12-008.331.1-052:612.13

Республиканская клиническая больница МЗ РТ, г. Казань
Казанский государственный медицинский университет

Интегральные показатели центральной гемодинамики у здоровых лиц и пациентов с гипертонической болезнью в зависимости от типа гемодинамики

Терегулов Юрий Эмильевич

кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики, доцент кафедры госпитальной терапии
420064, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 138, тел. (843) 264-54-14, e-mail: tereg2@mail.ru

В статье описана методика определения типов гемодинамики, на основе анализа отклонения измеренного у пациента минутного объема от должного минутного объема. Проведен анализ интегральных гемодинамических показателей у здоровых лиц и больных с артериальной гипертензией в зависимости от типа центральной гемодинамики. Выявлено, что как у здоровых лиц, так и у пациентов с артериальной гипертензией при снижении минутного объема крови увеличивается периферическое сопротивление и жесткость артериальной системы. В группах здоровых и пациентов с артериальной гипертензией наблюдаются лица с преобладанием жесткости артериальной системы либо общего периферического сосудистого сопротивления.

Ключевые слова: центральная гемодинамика, артериальная гипертензия.

Y.E. TEREKULOV

Republican Clinical Hospital of Ministry of Health Care of the Republic of Tatarstan, Kazan
Kazan State Medical University

Integrated indicators of the central haemodynamics at healthy persons and patients with a hypertension depending on haemodynamics type

In article the technique of definition of types of hemodynamic on the basis of the analysis of a deviation of the minute volume measured at the patient from due minute volume is described. The analysis of integral haemodynamic indicators at healthy persons and patients with an arterial hypertension depending on type of central hemodynamic is carried out. It is revealed that as at healthy persons, and at patients with arterial hypertension at decrease in minute volume of blood circulation peripheral resistance and rigidity of arterial system increases. In groups healthy and patients with arterial hypertension persons with prevalence of rigidity of arterial system or the general peripheral vascular resistance are observed.

Keywords: central haemodynamic, arterial hypertension.

В развитии представлений о патогенезе и клинике гипертонической болезни большую роль сыграли исследования, позволившие детально охарактеризовать особенности изменений центральной гемодинамики и функционального состояния прессорных и депрессорных механизмов регуляции системы кровообращения и артериального давления у больных

гипертонической болезнью. В результате этих работ многие исследователи пришли к единому мнению о том, что гипертоническая болезнь представляет собой весьма неоднородное заболевание, в пределах которого может быть выделен ряд клинико-патогенетических вариантов, различающихся по характеру и выраженности изменений гемодинамики, состоя-

нию физиологических механизмов регуляции артериального давления и водно-солевого гомеостаза [1]. Несомненно, что гемодинамическая дифференциация артериальной гипертензии необходима для выбора наиболее рациональных и эффективных методов лечения [2].

Правильное определение гемодинамических особенностей патологического процесса невозможно без знания всего спектра нормальных вариантов соответствующих показателей кровообращения. В тоже время многочисленные исследования сердечно-сосудистой системы здорового населения показали, что максимальные и минимальные величины многих гемодинамических параметров, исследованных в условиях, приближающихся к условиям основного обмена, различаются между собой в 2-4 раза. Это в равной мере характерно для ударного объема сердца (УО), минутного объема кровообращения (МОК) и общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) [3, 4, 5, 6, 7]. Разброс гемодинамических параметров выявляется уже в детском возрасте, что дает возможность предположить его генетическое происхождение [8]. Таким образом, имеется гемодинамическая неоднородность здорового населения, и это обеспечивает возможность выделения в нем определенных гемодинамических вариантов.

В настоящее время принято выделение трех гемодинамических типов центральной гемодинамики: эукинетический, гиперкинетический и гипокINETический. Мы предложили, основываясь на работах Н.Н.Савицкого, проводить разделение на эти типы гемодинамики на основании расчета должного минутного объема (ДМО) исходя из величин должного основного обмена (ДОО).

По формуле Н.Н. Савицкого ДМО (л/мин) = ДОО/281 [9].

Для вычисления ДОО можно воспользоваться формулами Гарриса и Бенедикта, учитывающими, что основной обмен зависит от пола, возраста и роста пациента [10]:

Для мужчин: $\text{ДОО (ккал)} = 13,75M + 5P - 6,75B + 66,77$;
 Для женщин: $\text{ДОО (ккал)} = 6,56M + 1,85P + 4,67B + 65,09$;
 где М – вес в кг, Р – рост в см, В – возраст в годах.

Учитывая, что принятая точность измерения физиологических параметров составляет $\pm 20\%$, А.А Антонов предлагает величину гемодинамических показателей здорового человека, определенных в условиях основного обмена, считать минимальной границей нормы, а среднюю величину нормы на 20% больше минимального значения [11]. Так как в клинической практике условия основного обмена достичь практически невозможно, т.е погрешность измерения будет в сторону более высоких значений МОК, мы согласны с тем, что необходимо ориентироваться не на минимальные цифры нормы, а на средние его значения.

Мы предлагаем использовать расчетное значение ДМОК как критерий для разделения пациентов на гемодинамические типы. Для этого вычисляется процент отклонения измеренного МОК от рассчитанного ДМОК по формуле:

Среднее значение ДМОК (срМОК) соответственно будет на 20% больше и составит $\text{срДМОК} = \text{ДМОК} + (0,2 \cdot \text{ДМОК})$. Отклонение от срМОК более чем на 30% мы отнесли к гиперкинетическому типу центральной гемодинамики, менее чем на -30% — к гипокINETическому и разброс от -30% до 30% к эукинетическому типу.

Для оценки эффективности работы сердечно-сосудистой системы необходимо основываться на интегральных показателях системы. Под интегральными показателями сердечно-сосудистой системы мы понимаем параметры, которые отражают состояние системы в целом. К ним можно отнести системное артериальное давление (АД), МОК, ОПСС, показатели жесткости артериальной системы.

Б.И. Ткаченко (1999) за системное АД принимает среднее гемодинамическое артериальное давление (АДср), которое обеспечивает циркуляцию крови по системе в целом [12]. В тоже время, этот показатель является наиболее стабильным и даже при выраженных изменениях жесткости артериальной системы с формированием изолированной артериальной гипертензии остается в пределах нормы, хотя эффективность работы сердечно-сосудистой системы будет ниже [13, 14]. МОК определяется как произведение числа сердечных сокращений (ЧСС) на УО и характеризует производительность работы сердца [13].

ОПСС характеризует гидравлическое сопротивление потоку крови общим микроциркуляторным руслом. Жесткость артериальной системы относится к наиболее сложно определяемым параметрам, хотя в клинической практике методов изучения состояния артериальной стенки и ее упруго эластических свойств достаточно много. Все методы изучения жесткости артерий можно разделить на две большие группы: оценивающие регионарную или локальную жесткость и интегральную (системную) артериальную жесткость [15]. Для оценки регионарной, локальной жесткости используют либо измерение скорости распространения пульсовой волны по какому-либо из участков артериальной системы, или изучают структуру стенки артерий, изменения просвета в систолу и диастолу, используя различные методы визуализации сосудов — ультразвуковые, МРТ, ангиографические [15, 16]. Эти подходы, несомненно, дают ценную информацию о состоянии артерий у пациента и позволяют прогнозировать развитие сосудистых осложнений. Но, так как локальные изменения в артериях возникают неравномерно, методы оценки локальной или регионарной жесткости не позволяют определить влияние этих показателей на развитие артериальной гипертензии, количественно оценить динамику процесса при лечении этих состояний. Для этих целей необходимо определять интегральную (системную) жесткость артериальной системы. В клинической практике использовался показатель системной жесткости как отношение пульсового артериального давления (АДп) к УО [17]. Этот метод прост для вычислений, имеет физиологический смысл, так как является обратной величиной растяжимости артериальной системы — характеризует величину изменения объема сосуда при изменении давления в этом сосуде при одном сердечном сокращении. Существенным недостатком этого метода является отсутствие в расчетах ЧСС и, соответственно, длительности сердечного цикла. Для непрерывного движения потока крови в системе кровообращения с формированием определенного уровня АД необходимо больше чем одно сердечное сокращение, так как минимальное и максимальное АД определяется не только основной пульсовой волной, но и отраженными волнами от разветвлений сосудов. Таким образом, анализ интегральной жесткости артериальной системы является сложной задачей, так как зависит от многих факторов: УО, ЧСС, АД, продолжительности фаз сердечного цикла. Поэтому, наиболее адекватно задача по расчету интегрального показателя жесткости артериальной системы может быть решена с использованием математической модели сердечно-сосудистой системы. А.Э Терегуловым была предложена математическая модель сердечно-сосудистой системы на основе упругого резервуара Франка [18]. По данной модели может быть проведен расчет коэффициента объемной



Таблица 1.

Показатели центральной гемодинамики у здоровых лиц и пациентов с гипертонической болезнью в зависимости от типов гемодинамики

Группы пациентов	Возраст в годах M±σ	ЧСС уд. в мин M±σ	Ср АД мм рт. ст. M±σ	УО мл M±σ	МОК л/мин M±σ	СИ л/мин*м ² M±σ	ОПСС дин*сек/ мл M±σ	КОУ дин/мл M±σ	КОУ/ ОПСС M±σ
Здоровые n=32	24,7 ±5,34	67,8 ±7,6	91,2 ±5,54	83,3 ±14,9	5,56 ±0,46	3,22 ±0,37	1323 ±149	1184 ±227	0,89 ±0,12
Гиперкинетический n=7	21,4 0,53±	63,8 ±5,07	87,9 ±3,75	94,1 ±12,2	5,96 ±0,32	3,7 ±0,18	1184 ±65	1044 ±66	0,88 ±0,03
Эукинетический n=21	25,6 ±5,85	68,8 ±8,5	91,3 ±5,73	81,2 ±15,2	5,48 ±0,47	3,15 ±0,29	1343 ±148	1207 ±256	0,90 ±0,14
Гипокинетический n=4	25,3 ±5,9	69,9 ±5,35	95,9 ±3,80	75,8 ±7,5	5,26 ±0,2	2,75 ±0,12	1458 ±34	1314 ±116	0,90 ±0,07
p	0,107	0,209	0,063	0,071	0,019	<0,001	0,004	0,004	0,93
ГБ n=63	48,9 ±12,38	74,1 ±13,0	124,8 ±10,7	77,9 ±19,4	5,72 ±1,55	2,95 ±0,77	1877 ±532	1560 ±505	0,85 ±0,21
Гиперкинетический n=2	45 ±4,24	72,5 ±2,12	112,8 ±6,51	94,5 ±16,3	6,83 ±0,98	4,08 0,21	1329 ±114	1194 ±243	0,89 ±0,11
Эукинетический n=39	48,9 ±12,78	77 ±13,01	125,9 ±11,4	83,6 ±16,4	6,36 ±1,38	3,32 0,63	1668 ±405	1431 ±410	0,88 ±0,22
Гипокинетический n=22	49,2 ±18,5	69,0 ±11,9	122,5 ±9,53	66,3 ±19,4	4,46 ±1,0	2,24 ±0,37	2286 ±501	1821 ±570	0,8 ±0,19
p	0,93	0,064	0,159	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007	0,35
p*	<0,001	0,004	<0,001	0,171	0,57	0,064	<0,001	<0,001	0,322

P — вероятность различий параметров кровообращения при разных типах гемодинамики в группах здоровых лиц и пациентов ГБ.

P* — вероятность различий параметров гемодинамики у здоровых лиц и пациентов ГБ.

упругости (КОУ), который отражает упругие свойства полого образования. Этот коэффициент равен отношению прироста давления ΔP к приросту объема (ΔV). Если упругий материал легко растяжим, то его КОУ мал, и наоборот [19]. Если в модели вся артериальная система представлена как единая упругая камера, то вычисленный по модели КОУ, является интегральным показателем, характеризующим упругие свойства или жесткость всей артериальной системы.

Цель исследования: изучить интегральные показатели центральной гемодинамики у здоровых лиц и больных ГБ в зависимости от типа гемодинамики.

Обследовано 2 группы пациентов. В 1 вошли 32 здоровых лиц: 19 женщин и 13 мужчин в возрасте от 21 до 45 лет, $24,2 \pm 5,34$ (M±σ). Критериями отбора пациентов в 1 группу были: отсутствие сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе артериальной гипертензии, заболеваний эндокринной системы, болезни почек, анемии, нормальные показатели липидного обмена (холестерин, триглицериды, липиды высокой и низкой плотности), АД у пациентов при исследовании не превышало 130/90 мм рт. ст.

2 группу составили 63 пациента с гипертонической болезнью (ГБ) без признаков ИБС, ХСН и ХПН в возрасте от 18 до 77

лет, $48,9 \pm 12,38$ (M±σ), из них 22 – женщины и 41 – мужчина. АД систолическое (АДс) во время исследования этих пациентов было ≥ 140 мм рт. ст.

Методы исследования:

- По модели сердечно-сосудистой системы А.Э. Терегулова рассчитывали следующие параметры: КОУ, ср АД, ОПСС, КОУ/ОПСС [18];

- Артериальное давление АДс и АДд определяли аускультативным методом;

- Ударный объем (УО), ЧСС – определяли при эхокардиографии методом Тейхольца;

- СИ рассчитывали по формуле $МОК/S$, где S площадь поверхности тела в м²

Перед проведением эхокардиографического исследования и измерением артериального давления пациент находился в горизонтальном положении в течении 30 мин.

Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью компьютерных программ Statistica 8.0 и Biostat. Вероятность межгрупповых различий определяли методом однофакторного дисперсионного анализа и с помощью критериев Стьюдента [20].



Таблица 2.

Показатели жесткости и периферического сопротивления у здоровых лиц и пациентов ГБ

Группы пациентов	Тип кровообращения	КОУ/ОПСС M±σ	КОУ, дин/мл M±σ	ОПСС, дин*сек/мл M±σ
Здоровые n=32	Гиперкинетический N=7	0,87-0,91 0,88±0,03	958-1115 1044±66	1116-1297 1184±65
	Эукинетический N=21	0,63-1,29 0,90±0,14	871-1807 1207±256	1111-1657 0,90±0,14
	Гипокинетический N=4	0,83-0,98 0,90±0,07	1211-1480 1314±116	1415-1500 1458±34
	Все N= 32	0,63-1,29 0,89±0,12	871-1807 1184±227	1111-1500 1323±149
ГБ n=63	Гиперкинетический N=2	0,82-0,96 0,89±0,11	1022-1365 1194±243	1248-1409 1329±114
	Эукинетический N=39	0,51-1,41 0,88±0,22	871-3342 1431±410	1014-3025 1668±405
	Гипокинетический N=22	0,54-1,27 0,8±0,19	968-2837 1821±570	1493-3329 2286±501
	Все N=63	0,51-1,41 0,85±0,21	871-3342 1560±505	1014-3329 2286±501

Результаты исследования и обсуждение

Данные исследований представлены в таблице 1. В группе здоровых лиц выявлено 21,9% с гиперкинетическим типом кровообращения, 65,6% с эукинетическим и 12,5% с гипокинетическим. В группе пациентов ГБ: 3,2%, 61,9% и 34,9% соответственно.

Проведен анализ параметров гемодинамики в каждой группе в зависимости от типа гемодинамики. Возраст и сРАД у здоровых лиц в подгруппах с разными типами гемодинамики статистически достоверно не отличался. Имелось достоверное отличие следующих параметров кровообращения при различных типах центральной гемодинамики: УО, МОК, СИ, ОПСС, КОУ. При гиперкинетическом типе при более высоких цифрах МОК и СИ наблюдались наиболее низкие значения ОПСС и КОУ, чем при эу и гипокинетических типах. При гипокинетическом типе, напротив, преобладали значения сРАД, ОПСС и КОУ при меньших показателях СИ. Таким образом, можно констатировать, что при снижении МОК возрастает периферическое сосудистое сопротивление и жесткость артериальной системы, что обеспечивает постоянство показателей АД. Обращает на себя внимание относительный показатель КОУ/ОПСС: при изменении абсолютных значений КОУ и ОПСС соотношение этих параметров не меняется у пациентов с разными типами гемодинамики.

При сравнении показателей гемодинамики у пациентов с ГБ с данными здоровых лиц выявлено статистически достоверное различие по ЧСС, сРАД, ОПСС, КОУ. У больных ГБ определялись большие значения сРАД, ЧСС, ОПСС, КОУ и наблюдалось статистически недостоверное снижение СИ в этой группе обследуемых. Соотношение КОУ/ОПСС и сРАД у пациентов с ГБ и здоровых лиц статистически достоверно не отличались. Так же как и у здоровых лиц, при гиперкинетическом типе кровообращения показатели МОК и СИ были наибольшими, а ОПСС и КОУ наименьшими в сравнении с эу и гипокинетическими типами. При гипокинетическом типе, соответственно, наоборот: МОК и СИ наименьшие, а ОПСС и КОУ наибольшие, что так же говорит о том, что у пациентов ГБ при снижении МОК

происходит увеличение ОПСС и жесткости артериальной системы. Среднее соотношение КОУ/ОПСС в подгруппах не изменялось.

Известно, что и ОПСС и жесткость артериальной системы участвуют в формировании и поддержании артериального давления. Соотношение КОУ/ОПСС позволяет оценить преобладание влияния жесткости артериальной системы либо периферического сопротивления на показатели АД. При снижении КОУ/ОПСС преобладает влияние ОПСС, его повышение говорит о преобладании жесткости артериальной системы. Средние значения этого соотношения у здоровых лиц и пациентов с ГБ статистически не отличались (табл. 1). Но в каждой группе и подгруппах, разделенных по типу гемодинамики, были пациенты с преобладанием артериальной жесткости или ОПСС (табл. 2). Это говорит о том, что и у здоровых лиц и у пациентов с ГБ соотношение жесткости и ОПСС неоднородно и в этих группах и подгруппах можно выделить пациентов с преимущественным повышением жесткости артериальной системы либо периферического сопротивления. Средние значения КОУ и ОПСС у группы пациентов ГБ были существенно выше, чем у здоровых лиц, что и было одним из факторов повышения АД.

Выводы:

1. Методика определения типов центральной гемодинамики – гиперкинетический, эукинетический, гипокинетический по срдМОК может использоваться как для здоровых лиц, так и для пациентов с сердечной патологией, в частности ГБ.

2. У здоровых лиц и пациентов ГБ при разных гемодинамических типах наблюдаются достоверные отличия интегральных показателей центральной гемодинамики (МОК, СИ, ОПСС, КОУ). При снижении МОК и СИ происходит увеличение, как периферического сосудистого сопротивления, так и жесткости артериальной системы.

3. В группах здоровых и пациентов с ГБ наблюдаются лица с преобладанием жесткости артериальной системы либо общего периферического сосудистого сопротивления.



ЛИТЕРАТУРА

1. Шхвацабая И.К. Внутрисердечная гемодинамика и клинко-патогенетические варианты течения гипертонической болезни // Кардиология. — 1977. — № 10. — С. 8-18.
2. Гундаров И.А., Пушкарь Ю.Т., Константинов Е.Н. О нормативах центральной гемодинамики, определяемых методом тетраполярной грудной реографии // Тер. Арх. — 1983. — № 4. — С. 26-28.
3. Шхвацабая И.К., Константинов Е.Н., Гундаров И.А. О новом подходе к пониманию гемодинамической нормы // Кардиология. — 1981. — № 3. — С. 10-14.
4. Аршакуни Р.О. Давитанидзе Н.Л. В кн.: Систолическая гипертония в возрастном аспекте. — М., 1976. — С. 25-27.
5. Баевский Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. — М., 1979. — 44 с.
6. Давитанидзе Н.Л., Ольхин В.А В кн.: Систолическая гипертония в возрастном аспекте. — М., 1976. — С. 37-41.
7. Павельски С, Завадски З. Физиологические константы в клинике внутренних болезней. — М., 1964. — С. 120-121.
8. Кожарская Л. Г., Голдовская Д. Ш. В кн.: Функциональная диагностика в детском возрасте. — София, 1979. — 209 с.
9. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. — М.: Медицина, 1974. — 307 с.
10. Инструментальные методы исследования сердечнососудистой системы (Справочник) / Под. ред. Т.С. Виноградовой. — М.: Медицина, 1986. — 416 с.
11. Антонов А.А. Гемодинамика для клинициста (физиологические аспекты). — 2004. — Аркомис-Профи ТТ. — 99 с.
12. Ткаченко Б.И. Системная гемодинамика // Российский физиологический журнал им И.М. Сеченова. — 1999. — Т. 85, № 9-10. — С. 1255-1266.
13. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. — М.: Медицина, 1974. — 307с.
14. Дегтярев В.А. Возможности комплексного исследования системы кровообращения у населения методом объемной компрессионной осциллометрии // Российские медицинские вести. — 2003. — № 4. — С. 18-28.
15. Никитин Ю.П., Лапицкая И.В. Артериальная жесткость: показатели, методы определения и методологические трудности // Кардиология. — 2005. — № 11. — С.113-120.
16. Орлова Я.А., Агеев Ф.Т. Жесткость артерий как интегральный показатель сердечнососудистого риска: физиология, методы оценки и медикаментозной коррекции // Сердце. — 2006. — Т. 5, № 2. — С. 65-69.
17. Van Bortel L.M., Dupres D., Starmam-Kool M.J. et. al. Clinical application of arterial stiffness, Task Force III: recommendations for user procedures // Am. J. Hypertens. — 2002. — Vol. 15. — P. 445-452.
18. Терегулов А.Э. Способ определения объемной упругости артериальной системы. Патент № Ru 2373843 С1.
19. Физиология человека: в 3 х томах / Под ред.Р. Шмидта и Г. Тевса. — М.: Мир, 2004. — Т. 2. — 314 с.
20. Гланц С. Медико- биологическая статистика. — М.: Практика, 1999. — 459 с.