

Дисфункциональные типы кровообращения у практически здоровых молодых людей: особенности функционального состояния сосудов и центральной гемодинамики

Хурса Р.В.

Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

Автор

Хурса Раиса Валентиновна, к.м.н., доцент кафедры поликлинической терапии Белорусского государственного медицинского университета, Минск, Беларусь.

Резюме

Цель

изучить функциональное состояние сосудов (эндотелий-зависимую вазодилатацию и скорость распространения пульсовой волны) и параметры центральной гемодинамики у здоровых молодых людей в зависимости от типа кровообращения, определяемого по линейной регрессии параметров АД.

Материал и методы

Амбулаторно обследованы 120 практически здоровых молодых людей и 45 пациентов с впервые установленной АГ 1–2 степени, риск 2–3 до начала лечения, возраста $24,5 \pm 0,3$ лет и $29,1 \pm 0,7$ лет соответственно. Проводились ежедневные неоднократные измерения АД по Н.С. Короткову, по рядом величин АД каждого пациента строилась линейная регрессия систолического давления по пульсовому, по коэффициентам которой определялся тип кровообращения; исследовались эндотелий-зависимая вазодилатация, скорость распространения пульсовой волны и параметры ЦГД реографическими методами. Для статистической обработки использован пакет прикладных программ Statistica. 10.0.

Основные результаты

Регрессионный анализ выявил дисфункциональные гемодинамические типы у 55,5% пациентов с АГ и у 25,8% практически здоровых молодых лиц, самым частым был диастолический дисфункциональный: у 20,0% здоровых, у 51,1% пациентов с АГ. Этот дисфункциональный тип у клинически здоровых лиц отражает латентные нарушения гемодинамики, сопряженные с функциональными сосудистыми нарушениями, свидетельствующими о повышении их жесткости. Так при этом типе по сравнению с гармоническим достоверно чаще отмечены умеренные и выраженные нарушения вазомоторной функции эндотелия и увеличена скорость распространения пульсовой волны ($11,4$ м/с и $8,1$ м/с соответственно, $p=0,00$), которая не отличалась

от таковой у пациентов с АГ (при гармоническом типе различия были статистически значимы). У пациентов с впервые выявленной АГ показатели функции сосудов существенно не различаются при разных КАСПАД-типах внутри своей группы, что указывает на участие иных патогенетических механизмов в формировании типов. Гемодинамические типы, определяемые по линейной регрессии параметров АД, и типы ЦГД представляют разные характеристики кровообращения, поэтому не заменяют, а дополняют друг друга.

Заключение

Линейная регрессия параметров АД расширяет возможности амбулаторной диагностики клинически латентных гемодинамических нарушений, проявляющихся дисфункциональными типами кровообращения, которые у нормотензивных лиц связаны с функциональными нарушениями сосудов и, в меньшей степени, с ЦГД.

Ключевые слова

Артериальное давление, линейная регрессия, типы кровообращения

Dysfunctional hemodynamic types in healthy young people: functional condition of blood vessels and central hemodynamics

Khursa R.V.

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Author

Raisa V. Khursa, M.D., Ph.D., assistant professor of the department of outpatient therapy, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Summary

Objective. To investigate the functional condition of the blood vessels (endothelium-dependent vasodilatation and pulse wave velocity) and the central hemodynamics (CH) in healthy young people, depending on the type of circulation, defined by linear regression of blood pressure (BP) parameters.

Materials and methods

A total of 120 outpatient healthy young adults and 45 hypertensive patients aged 24.5 ± 0.3 and 29.1 ± 0.7 years respectively were investigated as outpatients before the beginning of treatment. Daily measurements of BP were made several times, the BP set of each patient was used for linear regression, and the hemodynamic types were determined on its coefficients; endothelium-dependent vasodilatation, pulse wave velocity and CH parameters were investigated as well. For statistical processing we used Statistica. 10.0 software.

Results

Regression analysis revealed dysfunctional hemodynamic types in 55.5% of hypertensive patients and in 25.8% of healthy young people, the diastolic dysfunctional type was the most frequent one, and it was found in 20.0% of healthy individuals and in 51.1% of hypertensive patients. Diastolic dysfunctional type in clinically healthy persons represents a latent hemodynamic disorder related to functional vascular disturbances due to increased vascular stiffness. Unlike the harmonic one, this type of dysfunction is characterized with more frequent disturbances of the vasomotor endothelial function (moderate and expressed) and with increased pulse wave velocity (11.4 m/s and 8.1 m/s, respectively, $p = 0.00$), and there were no differences between normotensive and hypertensive patients (whereas for the harmonic type these differences were significant). Patients with firstly diagnosed AH and different hemodynamic types had similar characteristics of vascular function inside their groups that indicated the existence of different pathogenetic mechanisms responsible for development of these abnormalities. Thus hemodynamic types defined by linear regression of BP parameters and the types of central hemodynamics represent different characteristics of the blood circulation and do not exclude each other.

Conclusion

Linear regression analysis of blood pressure parameters expands the possibilities for diagnosis of clinically latent hemodynamic disorders in normotensive individuals, such as dysfunctional types of the blood circulation, which are associated with functional vascular disorders and to a lesser extent – with disturbances of the central hemodynamics.

Keywords

Blood pressure, linear regression, circulatory types

Список сокращений

КАСПАД	— количественный анализ связей параметров АД	СД	— систолический дисфункциональный тип по КАСПАД
Q	— коэффициент регрессии (пересечение), отражающий величину давления крови в области затухающей пульсовой волны, мм рт. ст.	ПД	— пограничный с диастолическим дисфункциональным типом по КАСПАД
a	— коэффициент регрессии (угловой)	ЦГД	— центральная гемодинамика
Г	— гармонический тип по КАСПАД	ЭЗВД	— эндотелий-зависимая вазодилатация
ДД	— диастолический дисфункциональный тип по КАСПАД	СРПВ	— скорость распространения пульсовой волны

Введение

Широкая распространенность, огромная медицинская и социальная значимость артериальной гипертензии (АГ), как ключевого элемента сердечно-сосудистой патологии, в настоящее время общеизвестны. Живой интерес исследователей вызывают различные аспекты этого заболевания: концепции патогенеза, эндотелиальная дисфункция и сосудистая жесткость, роль воспаления, индивидуальные фенотипы АГ, методы измерения артериального давления (АД), проблемы лечения и др. [1–5]. Однако клинически явной АГ предшествует период латентных нарушений функционирования сердечно-сосудистой системы, что требует поиска способов распознавания подобных проблем здоровья на ранних этапах. Перспективным параметром для раннего распознавания доклинических нарушений кровообращения является величина артериального давления (АД), как интегральная характеристика функционирования сердечно-сосудистой системы. Развитие современных информационных технологий и методов статистического анализа позволяет открыть новые диагностические возможности даже в этом «рутинном» показателе. В частности, нами разработан и подтвержден патентами метод количественного анализа связей параметров АД (КАСПАД), представляющий собой простейшую регрессионную модель кровообращения, строящуюся по ряду случайных величин АД пациента, полученных в интервале времени. В общем

аналитическом виде она выглядит сопряженными линейными уравнениями, которые описывают кровообращение в интервале времени наблюдения как взаимодействие сердца и сосудов в процессе продвижения крови:

$$S = Q + a_1 W; D = Q + a_2 W,$$

где S — систолическое давление, D — диастолическое давление, W — пульсовое давление ($W = S - D$).

Путем простейших алгебраических действий коэффициент a_2 выражается через коэффициент a_1 : $a_2 = a_1 - 1$. Тогда регрессионная модель кровообращения сводится только к двум параметрам, имеющим индивидуальные числовые значения (a и Q) и конкретный физический смысл:

$$S = Q + aW; D = Q + (a - 1)W, \text{ где } a = a_1.$$

По смыслу получаемой регрессии коэффициент Q отражает величину давления крови в области затухающей пульсовой волны в мм рт. ст. (такой характер кровотока приобретает в конечной части артериол); соотношение прессорного (a) и депрессорного ($a - 1$) коэффициентов определяет КАСПАД-тип. Нами обоснованы граничные значения коэффициента a регрессионной модели, согласно которым разработана классификация функциональных гемодинамических состояний [6]. Она включает следующие типы (КАСПАД-типы): гармонический (Г), два дисфункциональных — диастолический (ДД) и систолический (СД), а также пограничные гармонического с соответствующими дисфункциональными (учитывая наличие в некоторых случаях

«переходных зон») — пограничный с диастолическим (ПД) и с систолическим (СД).

Для получения регрессии необходимо иметь ряд величин АД пациента, измеренных обычным бескровным способом в желаемом интервале времени (оптимально — 20–25, при низкой его вариабельности — не менее 7), и компьютер с соответствующим программным обеспечением. Параметры регрессии характеризуют закономерности функционирования сердечно-сосудистой системы, а именно, сердечно-сосудистое взаимодействие в процессе продвижения крови, действующие в интервале времени наблюдения и отражают гомеостаз и адаптацию организма к условиям существования.

Существование таких типов организации кровообращения подтверждено на амбулаторных измерениях АД в репрезентативных выборках лиц разного пола, возраста и состояния здоровья. При этом установлено, что дисфункциональные и пограничные с ними типы наиболее часто отмечаются у пациентов с сердечно-сосудистой патологией (у 65% и более), но они имеют место и у 25–30% практически здоровых лиц с нормальным АД. В этой связи встает вопрос о том, какие особенности функционирования сердца и сосудов стоят за разными вариантами организации кровообращения, особенно дисфункциональными, и каково их клиническое содержание, в частности, у нормотензивных людей?

Взаимосвязь типов сердечно-сосудистого взаимодействия в процессе продвижения крови, с функциональным состоянием сосудов и параметрами центральной гемодинамики исследована крайне недостаточно.

Цель: изучить функциональное состояние сосудов (эндотелий-зависимую вазодилатацию и скорость распространения пульсовой волны), а также параметры центральной гемодинамики (ЦГД) у практически здоровых молодых людей в зависимости от КАСПАД-типа кровообращения, определяемого по линейной регрессии параметров АД.

Материалы и методы исследования

Амбулаторно обследованы 120 практически здоровых молодых людей (группы диспансерного наблюдения Д-I и Д-II: 56 мужчин, 64 женщины), составивших группу 1 (основную), и 45 пациентов (22 мужчин, 23 женщины) возрастного периода 21–34 года с впервые установленной АГ 1–2 степени, риск 2–3 до начала лечения — группа 2 (группа сравнения). Средний возраст пациентов групп 1 и 2 составил $24,5 \pm 0,3$ и $29,1 \pm 0,7$ лет соответственно.

Пациентам обеих групп проводились ежедневные измерения АД по Н.С. Короткову на протяжении 7–10 дней; ряды величин АД каждого пациента подвергались описанной выше процедуре КАСПАД, в результате чего были получены индивидуальные регрессионные модели кровообращения, по коэффициентам которых определены КАСПАД-тип и величина давления в области исчезающей пульсации.

В этом же интервале времени проведены исследования эндотелий-зависимой вазодилатации (ЭЗВД), скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) и параметров ЦГД реографическими методами на преобразователе «Импекард-М».

Эндотелий-зависимая реакция плечевой артерии определялась при пробе с реактивной гиперемией: наложение компрессионной манжеты на плечо на 5 мин с измерением реографических параметров в покое, через 1, 2 и 3 мин после снятия манжеты (проба 1). Затем проводилась повторно аналогичная проба для оценки резерва ЭЗВД (проба 2). Определялось относительное изменение максимальной объемной скорости кровенаполнения $\Delta(dz/dt)\%$ на каждой минуте декомпрессии в обеих пробах. Диагностические заключения о состоянии ЭЗВД формировались качественно, по величине показателя $\Delta(dz/dt)\%$: нет нарушения; умеренно выраженное нарушение; выраженное нарушение; резко выраженное нарушение [7]. Определение времени распространения пульсовой волны (ВРПВ) и СРПВ проводилось согласно [7], за нормальные принимались значения СРПВ до 10,2 м/с.

Для исследования ЦГД проводилась импедансная кардиография с последующим анализом расчетных показателей: ударный объем (УО, мл), минутный объем (МО, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин \times м²), общее периферическое сопротивление (ОПС, дин \times с \times см⁻⁵), среднее АД (СрАД, мм рт. ст.), давление наполнения левого желудочка (ДНЛЖ, мм рт. ст.), а также определялся тип ЦГД (нормокинетический, эукинетический гиперкинетический, гипокинетический) [8].

Статистическая обработка проведена с помощью пакета прикладных программ Statistica 10.0. Соответствие признаков закону нормального распределения определялось по критерию Шапиро-Уилка, количественные параметры представлялись в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (25%/75%) при распределении, отличном от нормального. Значимость различий относительных величин определялась по критерию χ^2 , абсолют-

ных — по U-критерию Манна-Уитни. Критическим уровнем значимости при проверке статистических гипотез принималось значение $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Распределение КАСПАД-типов по данным ежедневных измерений АД в группах наблюдения представлено на рис. 1, на котором видно, что у практически здоровых молодых людей преобладает гармоническая гемодинамика, тогда как при АГ — дисфункциональные типы, в частности, ДД (различия между группами в долях Г, ПД и ДД типов статистически значимы). Эти результаты согласуются с нашими предыдущими исследованиями о преобладании у пациентов с АГ ДД-типа [1]. Однако 25,8% практически здоровых лиц группы 1 имели дисфункциональную гемодинамику, среди которой также преобладал ДД-тип (у 20,0% пациентов группы), а 35,6% пациентов с АГ имели гармонический тип.

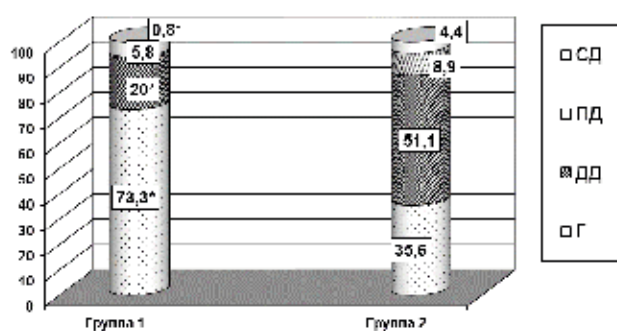


Рис. 1. Типы кровообращения по КАСПАД в группах наблюдения, доля лиц, %.

Примечание. * — статистически значимые отличия ($p < 0,05$) с группой 2 (пациенты с АГ).

По смыслу регрессии гармоническому типу (при $0 < a < 1$) адекватно определенное соотношение давлений: $D < Q < S$. Уменьшение прессорного показателя до значений $a < 0$ при СД-типе отображает уменьшение роли сократительной функции миокарда в продвижении крови, восполняемой усилением функции «периферического сердца» — сосудов и мышц. При этом справедливо иное неравенство давлений — $D < S < Q$, тогда как увеличение этого показателя до значений $a > 1$ указывает на возрастание роли систолической составляющей в кровообращении при снижении роли его диастолической (сосудистой) составляющей и справедливости неравенства $Q < D < S$ (ДД-тип). Такая трактовка типов и разделяющих их границ, вытекающая из логики регрессии, хорошо согласуется с современными

взглядами на взаимодействие левого желудочка сердца и артериальной системы, представляемое как петля взаимосвязи «давление-объем», а оптимальное соотношение артериального эластанса и конечно-систолического эластанса левого желудочка у здоровых людей находится в пределах 0,7–1,0 [9, 10].

Значения измеряемых величин АД в интервале времени наблюдения в группе 1 значимо отличались от таковых в группе 2, что отвечало диагнозу АГ, но не различались при разных КАСПАД-типах внутри каждой группы, тогда как параметры регрессионных моделей закономерно отличались соответственно своей типовой принадлежности (табл. 1).

В группе практически здоровых лиц не имели нарушения вазомоторной функции эндотелия 60,8% (73 чел.), что значимо ($p < 0,05$) больше, чем в группе пациентов с АГ — 15,5% (7 чел.), среди которых чаще были выявлены нарушения ЭЗВД разной степени — от умеренно выраженного до выраженного и резко выраженного — у 84,4% ($p = 0,000$).

На каждой минуте исследования имелись достоверные отличия значений относительного изменения максимальной объемной скорости кровотока $\Delta dz/dt\%$ в сравниваемых группах, как при первой пробе, так и при оценке резерва (проба 2), рис. 2.

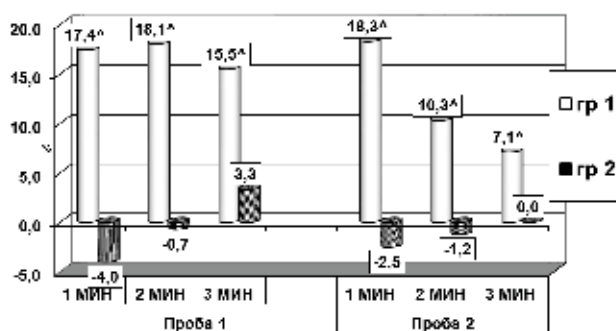


Рис. 2. Значения показателя $\Delta dz/dt$ (изменение максимальной объемной скорости кровенаполнения, %, Me) в группах наблюдения при пробах с реактивной гиперемией. Примечание. ^ — различия с группой 2 ($p < 0,05$).

При исследовании частоты нарушений ЭЗВД в обеих группах в зависимости от КАСПАД-типа оказалось, что в группе 1 дисфункциональные типы, особенно ДД, статистически значимо ($p < 0,05$) отличались от гармонического типа большей долей лиц с выраженными и умеренными нарушениями ЭЗВД и, соответственно, меньшей — с нормальной ЭЗВД. СД-тип был достаточно редок в обеих группах, но при этом типе у нормотензивных лиц

Таблица 1

Параметры регрессионных моделей (a, Q), значения величин АД и частоты сердечных сокращений в группах наблюдения при разных КАСПАД-типах (Me, 25–75%)

Группа	Тип	n	a	Q, мм рт. ст.	САД, мм рт. ст.	ДАД, мм рт. ст.	ПД, мм рт. ст.	ЧСС, уд./мин
1	ДД	24	1,28* [^] 1,17–1,46	64,0 [^] 53,1–69,1	119,8 [^] 112,6–128,4	75,2 [^] 71,4–78,4	42,9 [^] 39,9–50,0	75,5 66,0–82,0
	ПД	1	0,96	79,9	124,0	77,9	46,1	66,0
	СД	7	-0,16* -0,57- -0,07	132,3 [^] 121,2–154,9	120,8 [^] 118,0–139,3	74,7 [^] 71,4–77,7	45,0 [^] 40,3–49,3	74,0 66,0–82,0
	Г	88	0,58 [^] 0,42–0,74	94,77 85,6–103,7	122,1 [^] 115,0–128,0	74,9 [^] 70,9–78,4	46,0 [^] 41,7–50,3	73,5 63,0–82,0
	Все	120	0,63 [^] 0,42–0,86	90,1 80,4–102,1	121,0 [^] 115,0–128,1	75,2 [^] 71,0–78,3	45,2 [^] 41,1–50,0	74,0 64,5–82,0
2	ДД	23	1,27* 1,20–1,54	75,2 65,0–81,2	138,7 135,0–143,4	89,0 83,0–91,5	49,7 46,7–54,7	72,0 62,0–80,0
	ПД	4	1,02* 1,01–1,04	88,3 87,2–90,0	145,2 138,3–149,3	88,8 87,8–91,2	53,9 49,6–59,0	73,0 69,0–83,0
	СД	2	-0,54* -0,7 -0,37	177,9 170,0–185,7	148,4 146,4–150,3	94,0 90,7–97,4	54,4 53,0–55,7	59,0* 50,0–68,0
	Г	16	0,62 0,50–0,72	110,5 102,4–117,4	140,91 133,2–144,0	91,3 84,6–93,2	48,90 44,7–54,7	75,5 71,0–91,0
	Все	45	1,06 0,68–1,27	86,36 75,25–107,7	14000 135,0–146,4	89,9 84,80–92,5	50,00 46,8–54,7	73,0 65,0–82,0

Примечания:

* Внутригрупповые различия с Г-типом (p<0,05).

[^] Различия с группой 2 (p<0,05)

Q и a — коэффициенты регрессии, САД, ДАД и ПД — давления систолическое, диастолическое и пульсовое соответственно, ЧСС — частота сердечных сокращений.

Таблица 2

Состояния эндотелий-зависимой вазодилатации при разных КАСПАД-типах в группах наблюдения по результатам проб с реактивной гиперемией % (абс.)

Проба	Тип	Здоровые лица (группа 1)					Пациенты с АГ (группа 2)				
		Состояния ЭЗВД					Состояния ЭЗВД				
		n	1	2	3	4	n	1	2	3	4
1	ДД	24	37,5* [^] # (9)	25,0* (6)	37,5* (9)	0 [^] # (0)	24	8,7 (2)	26,1 (6)	43,5 (10)	21,7 (5)
	Г	88	69,3 [^] # (61)	5,7 [^] (5)	15,9 [^] # (14)	9,1 [^] [8]	16	25,0 (4)	12,5 (2)	43,7 (7)	18,7 (3)
	СД	7	28,6* (2)	28,6 (2)	42,8 (3)		2	50,0 (1)		50,0 (1)	
2	ДД	24	45,8* (11)	12,5 (3)	37,5* (9)	4,2# (1)	23	21,7 (5)	21,7 (5)	26,1 (6)	30,4 (7)
	Г	88	68,2 [^] # (60)	10,2 (9)	10,2 [^] # (9)	11,4 (10)	16	37,5 (6)	18,8 (3)	37,5 (6)	6,2 (1)
	СД	7	28,6 (2)	28,6 (2)	42,8* (3)		2	50,0 (1)		50,0 (1)	

Примечания:

Обозначения состояний ЭЗВД: 1 — нет нарушений, 2 — умеренные нарушения, 3 — выраженные нарушения, 4 — резко выраженные нарушения.

* Отличие от Г-типа своей группы (p<0,05).

[^] Отличие от группы 2 в целом (p<0,05).

Отличие от аналогичного типа группы 2 (p<0,05).

также достоверно реже имела нормальная вазомоторная функция сосудов, чем при Г-типе. При этом в группе 2 существенных различий состояния ЭЗВД в зависимости от КАСПАД-типа не было (табл. 2). ПД-тип был лишь у 1 пациента группы 1 и у 4-х — группы 2, поэтому не приведен в таблице.

Видимо, при уже состоявшейся АГ в формировании типов участвуют не только сосудистые, но и другие патогенетические механизмы, тогда как у нормотензивных лиц клинически латентные гемодинамические сдвиги в виде дисфункциональных типов кровообращения связаны с функцио-

нальными сосудистыми нарушениями в виде ухудшения ЭЗВД. При этом большинство (62,5%) нормотензивных лиц с дисфункциональными типами гемодинамики имеют начальные и выраженные стадии нарушений ЭЗВД, подобно таковым у пациентов с АГ. Обращает на себя внимание отсутствие значимых отличий частоты умеренных и выраженных нарушений ЭЗВД между дисфункциональными типами у нормотензивных лиц (группа 1) и пациентами с АГ (как в целом, так и при соответствующих типах), что позволяет рассматривать нормотензивных лиц с дисфункциональной гемодинамикой как контингент повышенного риска возникновения АГ.

При оценке резерва (проба 2) наблюдались аналогичные соотношения долей лиц с различными состояниями ЭЗВД в группах в целом и в зависимости от типа (табл. 2).

В каждой из групп при разных КАСПАД-типах значения $\Delta dz/dt\%$ значимо не различались между собой, кроме ДД- и Г-типов в пробе 1: у здоровых на 3-й минуте исследования $\Delta dz/dt$ был значимо меньше, чем при Г-типе (10,8% и 20,7% соответственно, $p < 0,05$), у пациентов с АГ — на 2-й минуте (-1,4% и 13,6% соответственно, $p < 0,05$). Видимо, при дисфункциональных типах, в частности, при ДД, сосудистая реакция на пробу отсрочена, менее выражена, и резервные возможности эндотелия, особенно при АГ, снижены. При этом здоровые лица с Г-типом значимо отличались от пациентов с АГ в целом на каждой минуте исследования, а здоровые лица с дисфункциональными типами ДД и СД не имели таких отличий. Эти данные свидетельствуют в пользу патологического характера данных типов ввиду их гемодинамической близости к АГ.

Эндотелиальный дисбаланс приводит к увеличению жесткости сосудистой стенки и ухудшению

ее демпфирующих свойств, что укорачивает ВРПВ и увеличивает СРПВ, поэтому значительная частота нарушений ЭЗВД при дисфункциональных гемодинамических типах у здоровых лиц отразилась на этих показателях. Так при ДД-типе ВРПВ было достоверно меньше, а СРПВ — больше, чем при Г-типе (11,4 м/с и 8,1 м/с соответственно, $p = 0,001$), и не отличалась от СРПВ у пациентов с АГ ($p > 0,05$), тогда как при Г-типе отличия этого показателя от такового у пациентов с АГ были статистически значимы (табл. 3). У пациентов с АГ значимых различий ВРПВ и СРПВ при разных КАСПАД-типах не выявлено, что согласуется с отмеченным выше отсутствием межтиповых различий в частоте и выраженности нарушений вазомоторной функции эндотелия у этих лиц.

Увеличение СРПВ и частоты нарушений ЭЗВД при ДД-типе у здоровых лиц мы показали ранее при проведении КАСПАД по величинам АД при суточном мониторинговании, что полностью согласуется с данными, полученными в настоящем исследовании [8].

Таким образом, дисфункциональные КАСПАД-типы у нормотензивных лиц отражают клинически латентные гемодинамические нарушения, одним из проявлений которых является ухудшение вазомоторной функции сосудов (ЭЗВД) и увеличение СРПВ, что может служить основой для последующего развития АГ.

В табл. 4 отражены исходные параметры и типы центральной гемодинамики в группах наблюдения, которые у здоровых лиц с высокой достоверностью отличаются от таковых у пациентов с АГ. Не выявлено лишь значимых различий величин ДНЛЖ в обеих группах, что, видимо, объясняется достаточно молодым возрастом и ранними стадиями АГ

Таблица 3

Время и скорость распространения пульсовой волны в группах наблюдения при разных КАСПАД-типах (Me, Q 25%–Q 75%)

Группа	Тип	n	ВРПВ, с			СРПВ, м/с		
			Me	Q 25%	Q 75%	Me	Q 25%	Q 75%
1	ДД	24	50,0*	40,0	65,0	11,4*	8,1	13,7
	ПД	1	160,0	160,0	160,0	3,3	3,3	3,3
	СД	7	60,0	50,0	70,0	9,0	7,7	9,6
	Г	88	70,0^	60,0	80,0	8,1#	7,0	9,5
	Всего	120	60,0^	50,0	80,0	8,5#	7,1	9,6
2	ДД	23	50,0	40,0	70,0	11,4	8,0	13,5
	ПД	4	45,0	30,0	140,0	12,6	6,7	21,4
	СД	2	50,0	40,0	60,0	12,6	10,8	14,3
	Г	16	75,0	40,0	130,0	7,5	4,1	14,6
	Всего	45	50,0	40,0	80,0	11,0	7,0	14,3

Примечание. * - отличие от Г-типа своей группы, $p < 0,05$; # — отличие от группы 2 в целом, $p < 0,05$.

Таблица 4

Показатели и типы центральной гемодинамики в группах наблюдения, Ме / 25%–75%

Показатели, типы ЦГД		Группа 1, n=120	Группа 2, n=45
Показатели ЦГД	УО исх, мл	68,0 / 55,5–80,5*	56,1 / 36,9–66,2
	МО исх, л/мин	5,0 / 4,0–6,0*	4,0 / 3,1–5,2
	СИ исх, л/минхм ²	2,8 / 2,2–3,4*	2,0 / 1,6–2,7
	ОПС исх, динхсхсм ⁻⁵	1537,6 / 1237,0–1892,8*	2158,1 / 1567,2–2902,2
	СрАД исх, мм рт. ст.	92,5/85,0–99,3*	105,3/ 93,0–114,0
	ДНЛЖ исх, мм рт. ст.	16,9 / 15,9–18,0	17,6 / 16,4–18,3
Типы ЦГД	Нормокинетический, % [абс.]	50,0% [60]*	28,9% [13]
	Эукинетический, % [абс.]	6,7% [8]	4,4% [2]
	Гиперкинетический, % [абс.]	24 [20,0%]*	6,7% [3]
	Гипокинетический, % [абс.]	23,3% [28]*	60,0% [27]

Примечания:

* $p < 0,05$ по сравнению с группой 2;

Сокращения: УО — ударный объем, МО — минутный объем, СИ — сердечный индекс, общее ОПС — периферическое сопротивление, СрАД — среднее АД, ДНЛЖ — давление наполнения левого желудочка.

у большинства пациентов группы 2. Доля лиц с патологическим гипокинетическим типом ЦГД была значимо большей при АГ, тогда как у нормотензивных лиц преобладал нормокинетический тип, и чаще, чем при АГ, отмечен гиперкинетический тип. Показатели УО, МО, СИ, ДНЛЖ при нагрузке (эргометрической пробе) и при отдыхе демонстрировали такие же статистически значимые различия между группами, как и исходные (кроме ДНЛЖ).

На рис. 3 представлено распределение типов ЦГД при разных КАСПАД-типах у пациентов групп наблюдения.

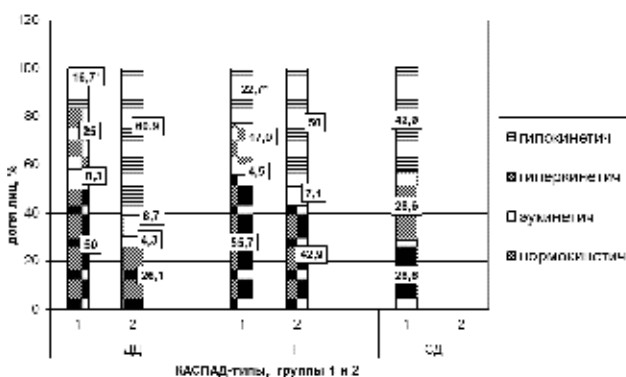


Рис. 3. Типы ЦГД при разных КАСПАД-типах, доля лиц, %
Примечание. * Различие с одноименным типом в группе 2, $p < 0,05$.

Статистически значимых отличий параметров и типов ЦГД в при разных КАСПАД-типах в каждой из групп не выявлено. Это может означать, что гемодинамические типы, выделяемые по данным регрессионного анализа (КАСПАД-типы) и типы ЦГД по результатам реографического исследования представляют разные характеристики кровообращения, поэтому в диагностических целях не заме-

няют, а дополняют друг друга. В частности, есть основания полагать, что КАСПАД в большей степени отражает процесс кровообращения в удаленных от центра отделах кровеносного русла, а именно ближе к конечной части артериол. Однако, отсутствие различий при разных КАСПАД-типах внутри каждой из групп наблюдения может быть обусловлено и малочисленностью пациентов с ДД- и СД-типами, особенно с СД (7 чел. в группе 1, 1 чел. в группе 2), что указывает на необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

У здоровых молодых людей Г-тип достоверно отличался по всем параметрам ЦГД (кроме, как уже отмечено, ДНЛЖ исходно и при нагрузке) от таковых у гипертензивных пациентов, но при СД-типе таких отличий не было по параметрам сердечной деятельности МО и СИ, и значения этих параметров были ниже, чем при Г-типе в своей группе ($p > 0,05$). Кроме того, в обеих группах при СД-типе прослежена тенденция к увеличению ОПС ($p > 0,05$), особенно при нагрузке (табл. 5).

Эти данные позволяют предполагать уменьшение насосной функции сердца при СД-типе и согласуются с трактовкой данного типа по смыслу регрессии: лидирующую роль в продвижении крови играет «периферическое сердце». Однако, учитывая малочисленность группы пациентов с таким КАСПАД-типом как в настоящем исследовании, так и в популяции в целом [1], для получения убедительных результатов необходимо увеличить число наблюдений.

Регрессионный анализ параметров АД (КАСПАД) выявил дисфункциональные гемодинамические типы у 55,5% молодых пациентов с АГ до начала лечения и у 25,8% практически здоровых молодых

Таблица 5

Некоторые показатели центральной гемодинамики в группах в зависимости от КАСПАД-типа, Ме / 25%–75%

Показатели	Группа 1, КАСПАД-типы				Группа 2, КАСПАД-типы			
	ДД	ПД	Г	СД	ДД	ПД	Г	СД
УО исх, мл	67,2*/55,4–77,6	34,2	68,0*/56,2–80,6	73,7*/54,2–102,1	54,9/29,0–68,7	59,2/54,8–69,7	55,4/47,2–60,4	54,2/32,1–76,3
УО нагр, мл	63,2/52,4–76,0	26,1	62,6*/52,4–81,4	76,1/55,5–77,2	51,9/36,9–65,3	59,0/53,6–65,8	55,2/47,1–78,0	47,5/33,2–61,7
УО отд, мл	63,4*/56,2–78,1	24,2	68,4*/59,6–84,1	69,6*/55,2–87,6	55,4/32,8–65,1	64,8/51,6–71,8	50,6/45,2–63,0	56,2/34,8–77,5
МО исх, л/мин	5,1*/4,2–6,6	2,6	5,0*/4,1–5,9	4,4/4,0–6,9	3,9/2,3–5,2	4,8/3,8–5,8	4,1/3,3–5,4	3,1/2,2–4,0
МО нагр, л/мин	5,3/4,1–7,2	2,2	5,7*/4,4–7,0	5,0/4,5–6,6	4,4/3,1–6,1	6,7/5,5–8,3	4,1/3,6–7,1	5,0/4,4–5,5
МО отд, л/мин	5,0*/4,2–6,4	1,8	5,2*/4,1–6,2	4,7/4,3–6,0	3,7/2,5–5,7	5,1/3,8–5,9	3,7/3,2–5,5	3,2/2,3–4,0
СИ исх, л/мин×м ²	3,2/2,4–3,9*	1,2	2,8*/2,2–3,4	2,6/2,1–4,0	2,1/1,2–2,7	2,4/1,8–3,2	2,0/1,6–3,0	1,4/1,0–1,9
СИ нагр, л/мин×м ²	3,4*/2,4–4,0	1,1	3,3*/2,5–4,2	2,7/2,3–3,8	2,4/1,5–3,1	3,7/2,9–4,2	2,3/1,7–3,6	2,2/2,1–2,4
СИ отд, л/мин×м ²	3,0*/2,4–3,8	0,9	2,9*/2,3–3,4	2,5/2,2–3,5	2,0/1,5–2,9	2,7/1,8–3,2	2,0/1,5–3,0	1,4/1,0–1,9

Примечание. * $p < 0,05$ по сравнению с группой 2

лиц с нормальным АД. Среди дисфункциональных типов в обеих группах превалировал диастолический дисфункциональный: у 20,0% здоровых, у 51,1% пациентов с АГ. Такой тип характеризуется увеличением прессорного параметра регрессии — коэффициента a ($a > 1$), что указывает на возрастание роли систолической составляющей (т.е. сердечного выброса) в процесс продвижения крови при снижении роли его диастолической (сосудистой) составляющей. Давление беспульсового тока крови при этом становится меньше диастолического, тогда как для гармонического типа характерно, что минимальным давлением является именно диастолическое. Следовательно, по смыслу данной регрессии, противоречащему нормальным физиологическим взаимоотношениям «сердечной» и «сосудистой» составляющих кровотока, это патологический тип, и наличие его у клинически здоровых лиц символизирует латентные нарушения гемодинамики.

Проведенное исследование показало, что у нормотензивных молодых людей с ДД-типом действительно имеются функциональные сосудистые нарушения. В частности, по сравнению с Г-типом статистически значимо чаще отмечаются нарушения вазомоторной функции эндотелия (умеренные и выраженные), увеличена скорость распространения пульсовой волны (что указывает на повышенную жесткость сосудов). По данным показателям функции сосудов здоровые лица с ДД-типом не отличались статистически значимо от пациентов с впервые выявленной АГ, тогда как здоровые лица с Г-типом такие отличия имеют. Эти функциональные сосудистые нарушения при ДД-типе подтверждают правильность изложенной выше интерпрета-

ции регрессионной модели данного типа, как типа, символизирующего нарушение именно сосудистой (диастолической) составляющей процесса кровообращения.

У пациентов с впервые выявленной АГ показатели функции сосудов (ЭЗВД, СРПВ, ВРПВ) закономерно хуже, чем у практически здоровых лиц сопоставимого возраста, но существенно не различаются при разных КАСПАД-типах внутри своей группы, как отмечено в группе здоровых. Это может указывать на участие иных, кроме сосудистых, механизмов в формировании гемодинамических КАСПАД-типов при АГ.

КАСПАД-типы, определяемые по линейной регрессии параметров АД, и типы ЦГД (по данным реографического исследования) являются разными характеристиками гемодинамики, поэтому в диагностических целях не заменяют, а дополняют друг друга.

Заключение

Таким образом, регрессионное моделирование кровообращения по параметрам АД (КАСПАД) расширяет возможности амбулаторной диагностики клинически латентных гемодинамических нарушений в виде дисфункциональных типов кровообращения, связанных с функциональными нарушениями сосудов и ЦГД. Практически здоровые лица с дисфункциональным кровообращением требуют дальнейшего дообследования и диспансерного динамического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен

Благодарность: автор выражает благодарность к.м.н. Н.М. Ереминой за участие в сборе данных.

Список литературы

1. Kobalava Z.D, Kotovskaya Y.V. Arterial hypertension in the twenty-first century: achievements, problems and prospects (the 2nd ed.). M.: Printing House «Bionica media, 2015: 364 p. Russian (Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В. Артериальная гипертония в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы [2-е изд., дополн. и переработ.]. М.: ООО Издательство «Бионика Медиа», 2015: 364 с.).
2. Laurent S. et al. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications. *Eur. Heart J.* 2006; 27 (21): 2588–2605.
3. Pickering T.G. et al. Masked Hypertension. *Hypertension.* 2002; 40:795–796.
4. Sidorenko G.I. et al. Pulse wave velocity as the key to the assessment of endothelial dysfunction. *Functional Diagnostics.* 2008; 1:60–64. Russian (Сидоренко Г.И. и др. Скорость пульсовой волны как ключ к оценке дисфункции эндотелия. *Функциональная диагностика.* 2008; 1: 60–64).
5. Albasri A. et al. A comparison of blood pressure in community pharmacies with ambulatory, home and general practitioner office readings: systematic review and meta-analysis. *Hypertension.* 2017; 35 (10): 1919–1928.
6. Khursa R.V. Pulse blood pressure: the role in hemodynamics and application possibilities in functional diagnostics. *Med news.* 2013; 4:13–19. Russian (Хурса Р.В. Пульсовое давление крови: роль в гемодинамике и прикладные возможности в функциональной диагностике. *Мед новости.* 2013; 4: 13–19).
7. Polonetzki L.Z. etc. Method of estimation of parameters of pulse wave propagation by rheovasographic method. Instructions for use. *Modern methods of diagnostics, treatment and prevention of diseases.* 2006; 7: 3–26. Russian (Способ оценки параметров распространения пульсовой волны реовазографическим методом. Инструкция по применению / Полонецкий Л.З. и др. // *Современные методы диагностики, лечения и профилактики заболеваний.* 2006; 7: 3–26).
8. Frolov A.V. et al. Rapid assessment of central hemodynamics parameters based on thoracic rheography. *Guidelines.* Minsk, 1992: 1–17. Russian (Оперативная оценка показателей центральной гемодинамики на основе компьютерной грудной реографии. Методические рекомендации/ Фролов А.В и др. Минск, 1992: 1–17).
9. Chantler P.D., Lakatta E.G., Najjar S.S. Arterial-ventricular coupling: mechanistic insights into cardiovascular performance at rest and during exercise. *J Appl Physiol.* 2008; 105: 1342–1351.
10. Najjar S.S. et al. Age and gender affect Arterial-ventricular coupling during aerobic exercise. *J Am Coll Cardiol.* 2004; 44: 611–617.