

# АНАЛИЗ СООТНОШЕНИЙ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА. ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МНОГОЭТАПНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Г.В. Кнышов, Е.А. Настенко, В.Б. Максименко, Е.К. Носовец, С.В. Зубков,  
Ю.В. Шардукова

*Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии  
им. Н.М. Амосова НАМН Украины*

На большом объеме клинических данных исследованы корреляционные связи систолического и диастолического артериального давления. Показана диагностическая эффективность полученных зависимостей для оценки состояния системы кровообращения у практически здоровых лиц, больных с недостаточностью кровообращения и с артериальной гипертензией.

**Ключевые слова:** систолическое артериальное давление, диастолическое артериальное давление, недостаточность кровообращения, артериальная гипертензия, диагностика..

Развитие современных информационных технологий позволяет на новом уровне решить задачу разработки методов диагностики регуляции артериального давления (АД) на основе построения его функциональных характеристик [1, 2].

Показатели артериального давления в сочетании с показателями частоты сердечных сокращений являются интегративными, отражающими функцию сердца, функцию эндотелия артериальных сосудов и состояние капиллярной сети.

**Целью** работы является построение функциональных характеристик артериального давления как отражение функций сердца и артериальной системы.

**Материалы и методы.** Была поставлена задача построения функциональных характеристик артериального давления на основе массивов измерений АД у здоровых лиц и лиц с нарушением кровообращения различного генеза, а также их клинического анализа и проверки эффективности для оценки состояния кровообращения.

В процессе исследования использовались данные мониторинга двух групп.

**В первую группу** вошли мониторинговые записи систолического (АДС) и диастолического (АДД) артериального давления, а также частоты сердечных сокращений у 56 больных в первые двое суток после операций протезирования клапанов сердца и/или аортокоронарного шунтирования. Исследованы величины указанных показателей при:

- 1 – неосложненном течении раннего послеоперационного периода – 33 больных;
- 2 – недостаточности кровообращения невысоких степеней (ОСН 1–2 ст.) – 15 больных;
- 3 – тяжелой сердечной недостаточности (ОСН 3 ст. и выше) – 8 больных.

Регистрация артериального давления и частоты сердечных сокращений осуществлялась инвазивным катетерным методом в раннем послеоперационном периоде с помощью прикроватного монитора SMC-108 Hellige (Германия). Было произведено 10263 автоматических измерения указанных показателей с интервалом 5 мин отдельно у каждого больного. Время мониторинга составляло 12...48 часов и находилось в прямой зависимости от тяжести состояния больного.

Массивы данных содержали последовательные наблюдения, которые были накоплены в ходе планового лечебного процесса, т.е. были получены не в связи с постановкой каких-либо конкретных исследовательских задач.

Возраст больных находился в пределах от 17 до 56  $M \pm SD = (49 \pm 16)$  лет.

Во вторую группу вошли данные суточного холтеровского мониторинга 6 практически здоровых лиц, подвергавшихся в дневное время воздействию психо-физических нагрузок. Возраст обследуемых находился в пределах от 33 до 64 лет (средний возраст  $M \pm SD = 44,6 \pm 10,5$  года), из них 1 – женщина (16,7%) и 5 – мужчины (83,3%). Было произведено 579 измерений с интервалом 30 мин. Использован аппарат Cardiosoft Holter (Германия).

В качестве тестовой группы были использованы данные мониторинга 11 больных возрастом от 50 до 79 лет (средний возраст  $M \pm SD = 63 \pm 7,6$  года), из них 8 – женщины (72,7%) и 3 – мужчины (27,3%). Показатели АДС, АДД и ЧСС регистрировались с помощью аппарата A&D Medical UA-878 (Япония). Всего было произведено 790 измерений с интервалом 30 мин.

Была поставлена задача построения функциональных характеристик артериального давления на основе массивов измерений АД и ЧСС у здоровых лиц и лиц с нарушением кровообращения различного генеза, а также их клинического анализа и определения эффективности для оценки состояния кровообращения и микроциркуляторной сети [3, 4].

Аномальные значения показателей во всех трех группах, связанные с погрешностями измерений, из рассмотрения исключались.

Для дальнейшей обработки данных использовались бикластеризационные процедуры «объекты-признаки» Hierarchical Cluster Analysis и процедуры регрессионного анализа, представленные в пакетах статистической обработки данных SPSS Statistica и STATISTICA, а также специальный метод кластерного анализа, который был разработан в НИССХ им. Н.М. Амосова. Данный метод, благодаря использованию так называемого «цепочечного» эффекта [5], позволяет воссоздать взаимосвязи показателей сложных систем [6]. Исследовались корреляционные связи между показателями АДД и АДС – как соотношения, полученные внутри каждого кластера для первой и второй группы обследуемых.

Алгоритм обработки данных имел следующий вид.

1. Проведение иерархической кластеризации по всей выборке и по отдельным ее частям для выявления кластеров, отображающих зависимости  $АДД = f(АДС)$  и  $АДД = f(ЧСС)$ .

2. Построение зависимостей методом регрессионного анализа в виде степенных полиномов, максимизирующих коэффициент детерминации для групп обследуемых по кластерам в целом и отдельно для каждого больного.

3. Объединение полученных регрессионных уравнений в однородные подгруппы, с целью получения обобщенных паттернов взаимосвязи изучаемых показателей (АДД и АДС, АДД и ЧСС).

4. Выделение единственного уравнения регрессии для каждой однородной подгруппы которое далее использовалось в качестве функционального паттерна, т.е. регуляторной характеристики артериального давления.

5. Построение номограмм зависимостей  $АДД = f(АДС)$  и  $АДД = f(ЧСС)$  на основе полученных уравнений регрессии.

**Результаты и обсуждение.** Применение указанного выше алгоритма позволило выделить пять кластеров в пространстве признаков АДД-АДС.

Регрессионные уравнения, отображающие исследуемую зависимость, имели форму кривых, каждая из которых имела область линейного роста при небольших значениях

АДС. Далее значения диастолического давления стабилизировались, кривая образовывала плато с последующим незначительным ростом при увеличении систолического артериального давления (рис. 1).

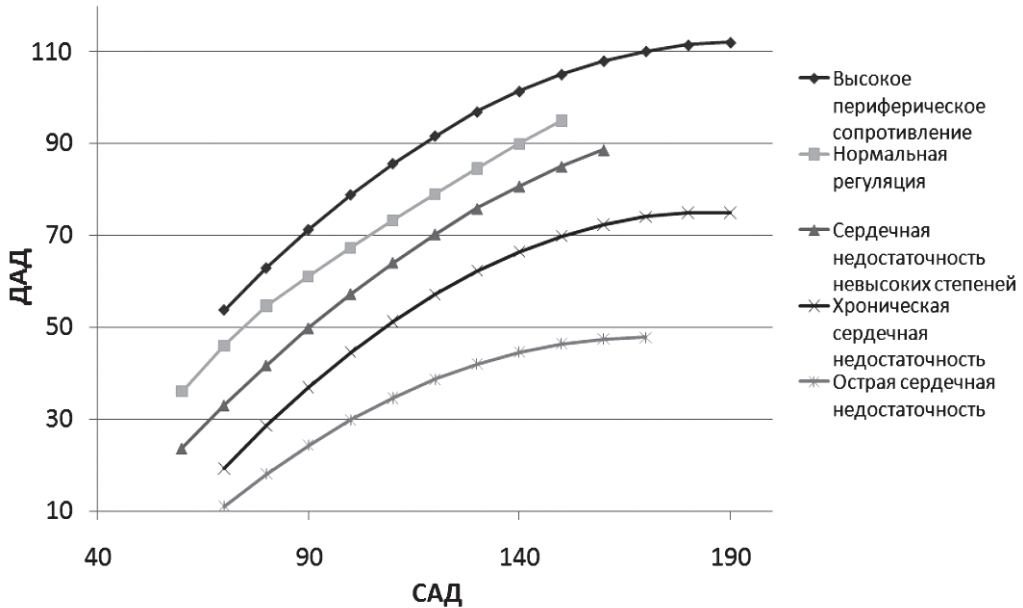


Рис. 1. Номограмма зависимости диастолического и систолического давления

Зависимости, представленные на рис. 1, были интерпретированы следующим образом (снизу вверх).

1. Острая сердечная недостаточность.
2. Хроническая сердечная недостаточность.
3. Сердечная недостаточность невысоких степеней.
4. Нормальная регуляция.
5. Высокое периферическое сосудистое сопротивление, связанное с физической нагрузкой либо с наличием артериальной гипертензии.

Соответствующие уравнения расположены в последовательности от нижней зависимости к верхней. Все пять зависимостей были аппроксимированы полиномами второй степени со статистически значимым ( $p < 0,01$ ) квадратом коэффициента детерминации ( $R^2$ ), близким к единице во всех случаях. В приведенных ниже формулах артериальное систолическое давление (АДС) обозначено символом «х».

$$1. \text{ АДС} = -0,0037x^2 + 1,2559x - 58,747 \quad (1)$$

$$RI = 0,9934$$

$$2. \text{ АДС} = -0,0042x^2 + 1,5532x - 68,984 \quad (2)$$

$$RI = 0,9868$$

$$3. \text{ АДС} = -0,0032x^2 + 1,3542x - 46,123 \quad (3)$$

$$RI = 0,9911$$

$$4. \text{ АДД} = -0,0011x^2 + 0,8294x - 4,6969 \quad (4)$$
$$\text{RI} = 0,9925$$

$$5. \text{ АДД} = -0,0039x^2 + 1,5x - 32,196 \quad (5)$$
$$\text{RI} = 0,9927$$

Графики, представленные на рис. 1, рассматривались в качестве номограммы, отражающей величину диастолического давления конкретного больного при фиксированном значении систолического давления.

Системное артериальное давление определяется главным образом соотношением между сердечным выбросом и общим периферическим сопротивлением. Систолическое артериальное давление зависит от трех факторов:

- ударного объема левого желудочка сердца;
- максимальной скорости изгнания крови;
- максимальной растяжимости стенок аорты.

Диастолическое АД определяется:

- длительностью диастолы, которая находится в обратной зависимости от частоты сердечных сокращений;
- общим сопротивлением в периферической артериальной системе;
- объемом циркулирующей крови.

Действие каждого из указанных выше факторов может быть конкретно оценено в каждой отдельной клинической ситуации.

Для оценки эффективности клинического применения полученной номограммы на нее наносились данные больных из тестовой группы, у которых была диагностирована хроническая недостаточность кровообращения разных степеней, артериальная гипертензия, а также показатели практически здоровых лиц.

Исследовалась динамика показателей АДД и АДС относительно ветвей номограммы (рис.1).

В качестве динамической нормы может быть использовано соотношение АДД/АДСН  $\approx 0,62$  (рис. 2), близкое к пропорции золотого сечения, как отражение эндотелиальной функции мышечных артериальных сосудов и состояния капиллярной сети [4].

Были выявлены следующие ситуации.

1. Обследуемый не изменяет регуляторного типа, т.е. его показатели не покидают пределов одной зависимости (рис. 3).

2. Показатели пациента сдвигаются в процессе лечения в область более благоприятных зависимостей (рис. 4).

Обследуемый меняет функциональную характеристику в зависимости от испытываемой (от уровня) психофизической нагрузки, при этом в норме меняется и систолическое и диастолическое артериальное давление (рис. 5).

У пациентов с артериальной гипертензией высоких степеней при диастолическом артериальном давлении более 100 мм рт. ст. изменяется главным образом систолическое артериальное давление.

Аналогичная картина наблюдается и при субмаксимальных физических нагрузках, что свидетельствует о приближении систолического кровообращения к границе регуляторного диапазона.

Нанесение на номограмму (рис.1.) показателей частоты сердечных сокращений позволяет получить дополнительно клинические оценки условий коронарного кровообра-

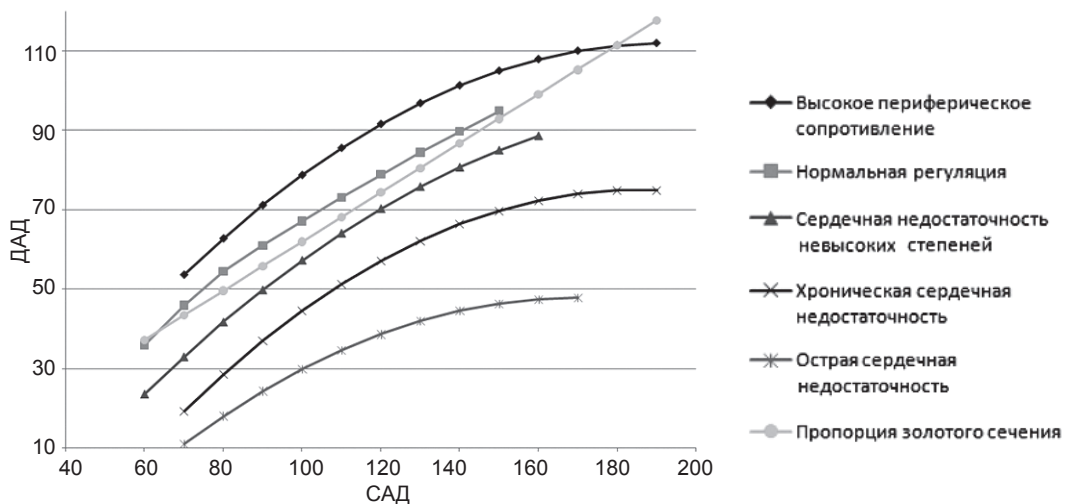


Рис. 2. Номограмма зависимости диастолического и систолического давления с динамической нормой

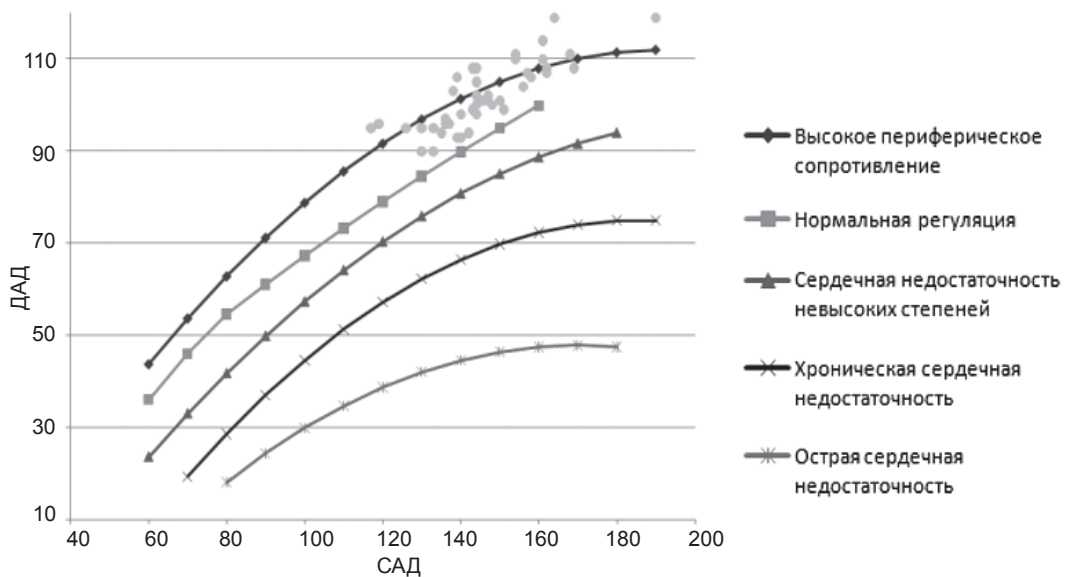


Рис. 3. Пример оценки системы кровообращения, когда показатели АД обследуемого не покидают пределов одной зависимости

ния, а также косвенно оценивать условия функционирования микроциркуляторной сети (диастолическое давление зависит либо не зависит от частоты сердечных сокращений).

Таким образом, динамика показателей состояния сердечно-сосудистой системы может отражать условия функционирования системы кровообращения, эффективность ле-

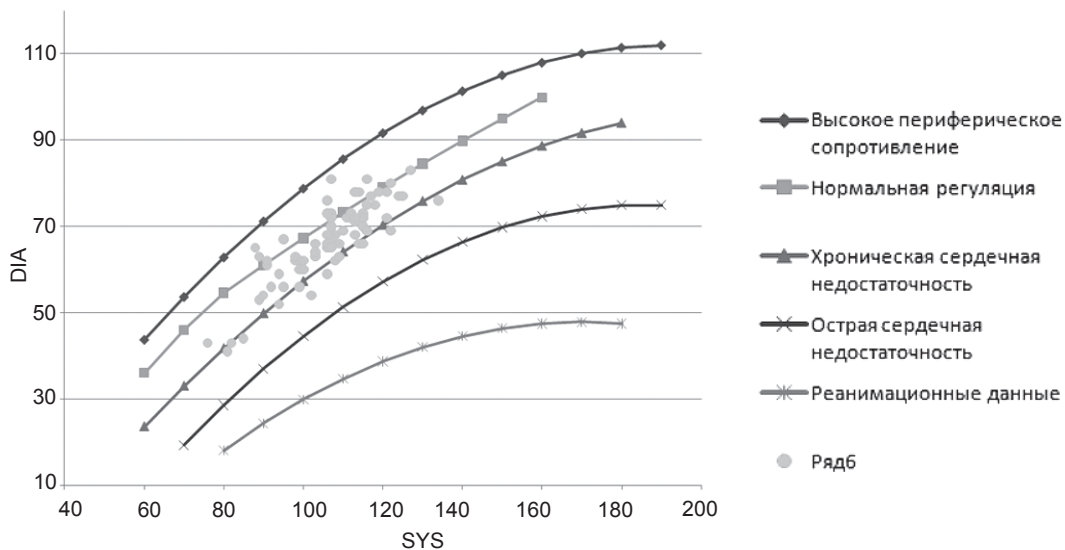


Рис. 4. Пример оценки системы кровообращения, когда показатели АД обследуемого не покидают пределов одной зависимости

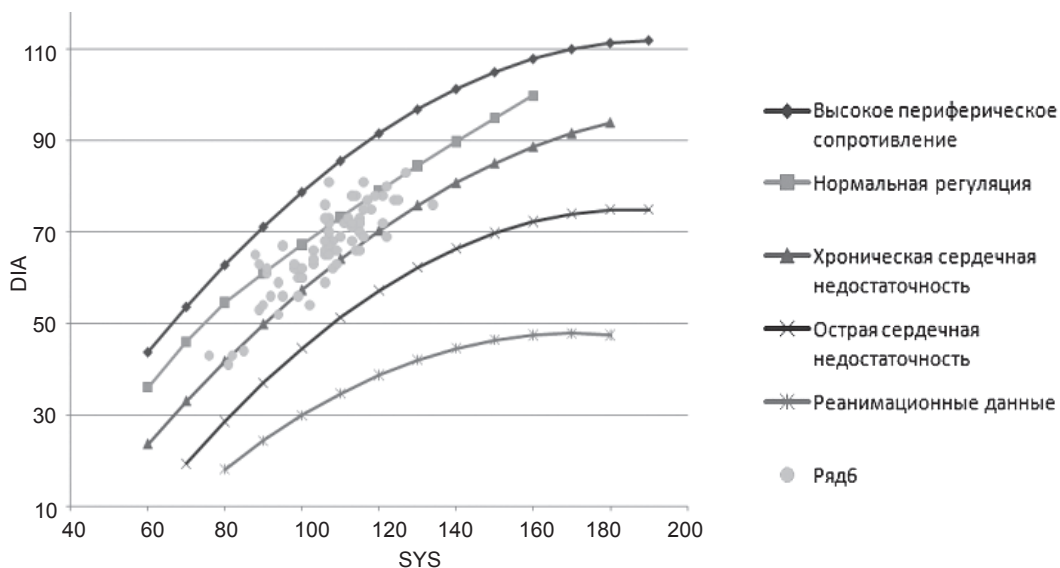


Рис. 4. Пример оценки системы кровообращения, когда обследуемый меняет функциональную характеристику в зависимости от испытываемой психофизической нагрузки

чения, развитие недостаточности кровообращения и общее состояние регуляторных резервов.

Представляет интерес отдельное изучение взаимосвязи диастолического артериального давления и частоты сердечных сокращений либо периода сердечного сокращения

(длительности RR-интервала) у различных контингентов обследуемых, что является предметом наших последующих исследований.

**Выводы.** Систолическое и диастолическое артериальное давление связаны между собой s-образными зависимостями нетривиальной формы, которые отражают состояние сердца, артериальной системы и капиллярной сети. Они могут быть использованы в качестве номограмм в широком диапазоне функционирования организма (у здоровых лиц в условиях психофизических нагрузок и спортсменов), а также для выявления нарушений кровообращения и оценки эффективности их коррекции.

### **Литература**

1. Физиология кровообращения. Регуляция кровообращения. – Л.: Наука, 1986. – 640 с.
2. Хаютин В.М. Сосудодвигательные рефлексy. – М.: Наука, 1964. – 376 с.
3. G. Knyshov, Ye. Nastenکو, V. Maksymenko, O. Kravchuk, and Yu. Shardukova The Interactions between Arterial and Capillary Flow. Cellular Automaton Simulations of Qualitative Peculiarities O. Dossel and . WC. Schlegel (Eds.): WC 2009, IFMBE Proceedings 25/IV. – 2009. – P. 572–574.
4. Настенко Є.А. Закономірності самоорганізації та регуляції кровообігу людини: Автореф. дис. ... докт. біол. наук: Спец. 03.00.02, Київськ. нац. унів. ім. Т. Шевченка. – 37 с.
5. Воронцов К.В. Лекции по алгоритмам кластеризации и многомерного шкалирования. – М., 2007. – С. 18.
6. Nastenko E.A. The use of Cluster Analysis for Partitioning Mixtures of Multidimensional Functional Characteristics of Complex Biomedical Systems // J. of Automation and Information Sciences. – 1996. – Vol. 28. – N 5–6. – P. 77–83.

## **АНАЛІЗ СПІВВІДНОШЕНЬ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ ЗА ДАНИМИ МОНІТОРИНГУ. УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БАГАТОЕТАПНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**Г.В. Книшов, Є.А. Настенко, В.Б. Максименко, О.К. Носовець, С.В. Зубков, Ю.В. Шардукова**

На великому обсязі клінічних даних досліджені кореляційні зв'язки систолічного і діастолічного артеріального тиску. Показана діагностична ефективність отриманих залежностей для оцінки стану системи кровообігу у практично здорових осіб, хворих із недостатністю кровообігу і з артеріальною гіпертензією.

**Ключові слова:** систолічний артеріальний тиск, діастолічний артеріальний тиск, недостатність кровообігу, артеріальна гіпертензія, діагностика.

## **ATRIAL PRESSURE CORRELATION ANALYSIS ACCORDING TO MONITORING DATA. GENERALIZED EXPERIENCE OF MULTISTAGE STUDIES**

**G.V. Knyshov, E.A. Nastenko, V.B. Maksimenko, E.K. Nosovets, S.V. Zubkov, Yu.V. Shardukova**

The correlations of systolic and diastolic blood pressure were studied with large volume of clinical data. The diagnostic efficiency of obtained dependences for estimation of circulatory system functional states in healthy persons, patients with heart failure and with arterial hypertension was shown.

**Key words:** systolic arterial pressure, diastolic arterial pressure, heart failure, arterial hypertension, diagnostics.