

# Специфика влияния двойных изломов ритмограммы на суточную вариабельность синусового ритма больных легочной и артериальной гипертензией

А.В. Соболев✉, Г.В. Рябыкина, Е.Ш. Кожемякина

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Минздрава России, Москва, Россия

## Аннотация

**Введение.** В отличие от ишемической болезни сердца (ИБС), сердечной недостаточности и ряда других заболеваний при артериальной (АГ) и легочной гипертензии (ЛГ) ухудшение функционального состояния больного часто не сопровождается уменьшением параметров его вариабельности синусового ритма (ВСР) на длительных промежутках времени. Более того, увеличение возраста и нарастание артериального давления у больных с гипертензией может приводить не к снижению, а к нарастанию параметров суточной ВСР. Замечено, что при гипертензии на синусовом ритме становится больше так называемых двойных изломов ритмограммы (ДИР) – последовательностей интервалов RR «короткий–длинный–короткий–длинный», которые могут сильно повлиять на суточную ВСР.

**Цель.** Изучить специфику влияния ДИР на суточную ВСР при АГ и ЛГ.

**Материал и методы.** Проанализировано 300 холтеровских записей электрокардиограммы, в том числе 67 записей условно здоровых лиц, 20 записей больных с ИБС с подтвержденным коронарной ангиографией поражением сосудов, 126 записей больных АГ и 87 записей больных идиопатической легочной гипертензией (ИЛГ). При анализе суточной ВСР использовали модификацию разработанного в Национальном медицинском исследовательском центре кардиологии метода анализа ВСР, учитывающего наличие ДИР.

**Результаты.** Показано, что ДИР отражают процессы регулирования синусового ритма, на которые ИБС и гипертензии влияют по-разному. При ИБС существенно (по сравнению с нормой) уменьшаются и частота появления ДИР, и их влияние на суточную ВСР. При гипертензиях частота появления ДИР возрастает; на участках без ДИР прослеживается четкая тенденция к снижению ВСР по сравнению с нормой; на участках с ДИР эта тенденция менее выражена или отсутствует, а в возрастах старше 50 лет ВСР нарастает.

**Заключение.** При исследовании суточной ВСР больных АГ и ИЛГ необходимо учитывать влияние ДИР на нарастание ВСР.

**Ключевые слова:** вариабельность сердечного ритма, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, легочная гипертензия

**Для цитирования:** Соболев А.В., Рябыкина Г.В., Кожемякина Е.Ш. Специфика влияния двойных изломов ритмограммы на суточную вариабельность синусового ритма больных легочной и артериальной гипертензией. Системные гипертензии. 2021; 18 (1): 43–49. DOI: 10.26442/2075082X.2021.1.200722

ORIGINAL ARTICLE

## Specificity of the effect of double fractures of the rhythmogram on the daily variability of the sinus rhythm in patients with pulmonary and arterial hypertension

Alexander V. Sobolev✉, Galina V. Ryabykina, Elena Sh. Kozhemyakina

National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

**For citation:** Sobolev AV, Ryabykina GV, Kozhemyakina ESh. Specificity of the effect of double fractures of the rhythmogram on the daily variability of the sinus rhythm in patients with pulmonary and arterial hypertension. Systemic Hypertension. 2021; 18 (1): 43–49. DOI: 10.26442/2075082X.2021.1.200722

## Abstract

**Introduction.** In contrast to coronary heart disease (CHD), heart failure and a number of other diseases, in arterial and pulmonary hypertension, the deterioration of the functional state of the patient is often not accompanied by a decrease in the parameters of his sinus rhythm variability (SRV) for long periods of time. Moreover, an increase in age and an increase in blood pressure in patients with hypertension may lead not to a decrease, but to an increase in the parameters of daily SRV. It is noted that with hypertension on the sinus rhythm, the number of so-called double fractures of the rhythmogram (DFR) – sequences of RR intervals "short-long-short-long" – becomes greater, which can greatly affect the daily SRV.

**Aim.** To study the specifics of the effect of DFR on daily SRV in arterial and pulmonary hypertension.

**Materials and methods.** 300 Holter ECG records were analyzed, including 67 records of healthy persons, 20 records of CHD patients with CAG-confirmed vascular damage, 126 records of patients with arterial hypertension and 87 records of patients with idiopathic pulmonary hypertension. In the analysis of daily SRV, a modification of the SRV analysis method developed at the National Medical Research Center of Cardiology, taking into account the presence of DFR, was used.

**Results.** It is shown that DFR reflects the processes of regulation of the sinus rhythm, which are affected differently by CHD and hypertension. In CHD, the frequency of DFR and its effect on the daily SRV significantly decreases (compared to

## Информация об авторах / Information about the authors

✉Соболев Александр Владимирович – д-р техн. наук, вед. науч. сотр. лаб. ЭКГ отд. новых методов диагностики ФГБУ «НМИЦ кардиологии». E-mail: ecg.newtekh@gmail.com

Рябыкина Галина Владимировна – д-р мед. наук, проф., гл. науч. сотр. лаб. ЭКГ отд. новых методов диагностики ФГБУ «НМИЦ кардиологии»

Кожемякина Елена Шамилевна – программист лаб. ЭКГ отд. новых методов диагностики ФГБУ «НМИЦ кардиологии»

✉Alexander V. Sobolev – D. Sci. (Tech.), National Medical Research Center of Cardiology. E-mail: ecg.newtekh@gmail.com

Galina V. Ryabykina – D. Sci. (Med.), Prof., National Medical Research Center of Cardiology

Elena Sh. Kozhemyakina – Programmer, National Medical Research Center of Cardiology

the norm). With hypertension, the frequency of the appearance of DFR increases; there is a clear trend towards a decrease in SRV in comparison with the norm in the areas without DFR; in areas with DFR, this trend is less pronounced or absent, and at ages over 50 years, SRV increases.

**Conclusion.** When studying the daily SRV of patients with arterial and idiopathic pulmonary hypertension, it is necessary to take into account the effect of DFR on the increase in SRV.

**Keywords:** heart rate variability, coronary heart disease, arterial hypertension, pulmonary hypertension

## Введение

Аномалии в работе сердечно-сосудистой системы приводят не только к появлению различных нарушений ритма сердца, но и к изменениям свойств синусового ритма как такового. Эти свойства называют вариабельностью синусового ритма (ВСР).

Обычно анализ ВСР не используется для диагностики конкретных заболеваний. Единственным результатом анализа ВСР, предлагаемым Американской ассоциацией кардиологов для использования в диагностических целях, является следующее наблюдение: малая величина суточной ВСР при сахарном диабете – это ранний признак диабетической нейропатии. Основная цель анализа ВСР больного – оценка его функционального состояния: прогноз риска внезапной смерти или опасных осложнений при разных заболеваниях, оценка тяжести заболевания, оценка эффективности лечения и т.д. Интерес к ВСР вызван прежде всего свойством сердечного ритма, замеченным еще медиками Древнего Китая: уменьшение или исчезновение изменчивости частоты сердечных сокращений (ЧСС) больного свидетельствует об ухудшении его состояния. Р.М. Баевский объясняет это свойство ритма концепцией о связи адаптационных возможностей организма человека с его ВСР: малая ВСР отражает плохую адаптируемость сердечно-сосудистой системы к случайным или постоянно действующим воздействиям на организм [1]. В связи с этим обычно выдвигается следующее требование к количественным параметрам ВСР: при ухудшении состояния больного параметры ВСР должны уменьшаться, а при улучшении состояния – нарастать.

Начиная с 1960-х годов ВСР изучают в состоянии покоя на коротких (до 5 мин) промежутках времени при выполнении жестких требований к стационарности ритма [2]. При этом используют две основных характеристики синусового ритма: ЧСС покоя и определяемую тем или иным способом величину сопутствующей этой ЧСС синусовой аритмии. В качестве параметров ВСР используют характеристики гистограммы распределения интервалов RR, производные от этих характеристик, в том числе параметры вариационной пульсометрии [2, 3], а также спектральные характеристики последовательности интервалов RR [2, 4]. Многочисленные исследования показали, что ухудшение функционального состояния пациента коррелирует как с увеличением ЧСС покоя, так и со снижением сопутствующей этой ЧСС синусовой аритмии. Так, ЧСС покоя 85 уд/мин и выше достоверно увеличивает риск сердечной смерти как при различных сердечно-сосудистых заболеваниях, так и в общей популяции [5], а близость ритма покоя к вкопанному ритму независимо от величины ЧСС значимо повышает риск сердечной смерти при инфаркте миокарда [6].

В 1980-е годы с появлением коммерческих систем холтеровского мониторирования электрокардиограммы (ЭКГ) началось активное изучение ВСР на длительных (в основном суточных) промежутках времени. Изучалась ВСР больных с различной сердечно-сосудистой и другой патологией. Было опубликовано множество работ по анализу ВСР на длительных промежутках времени. В подавляющем боль-

шинстве этих работ использовались количественные параметры ВСР, обсуждаемые в статье [4]. Фактически это были параметры, применяемые при анализе стационарного ритма на коротких промежутках времени, или их модификации. Поэтому использование этих параметров на длительных промежутках времени было эффективным лишь при анализе стационарных (т.е. ригидных или близких к ригидным) ритмов, характеризующих очень плохое функциональное состояние человека [7]. В результате, несмотря на появление тысяч работ по анализу ВСР на длительных промежутках времени, общепризнано полезными для клиники оказалось всего три результата [4]:

1) узкая гистограмма распределения интервалов NN (SDNN<50 мс, TINN<15 и др.) у больных, перенесших инфаркт миокарда, является предиктором внезапной смерти;

2) узкая гистограмма распределения интервалов NN при сердечной недостаточности является предиктором ухудшения состояния больного и летального исхода;

3) малая величина параметра rNNS50 при сахарном диабете является ранним признаком диабетической нейропатии.

Хорошо известно, что анализа сердечного ритма только при ЧСС покоя часто бывает недостаточно для адекватной оценки состояния сердечно-сосудистой системы. Для уточнения этой оценки используют нагрузочную пробу, тест 6-минутной ходьбы и др. Такие тесты позволяют выяснить, при каких ЧСС начинают проявляться патологии в работе сердечно-сосудистой системы. Аналогичную информацию можно получать и при холтеровском мониторировании ЭКГ.

В конце 1990-х годов в НИИ кардиологии Российского кардиологического научно-производственного комплекса был разработан метод анализа ВСР на длительных промежутках времени, базирующийся на оценке вариаций коротких участков ритмограммы (АВСР-ВКР). Метод изложен в различных статьях и монографиях [7–9]. Достоинством метода является возможность не только характеризовать суточную ВСР как единое целое, но и оценивать поведение синусового ритма в течение суток в различных диапазонах изменения ЧСС.

Одной из характеристик суточной ВСР, используемых в этом методе, является **средневзвешенная вариация ритмограммы (СВВР)** – параметр, учитывающий как распределение ЧСС в течение суток, так и связь между ЧСС и величиной сопутствующей этой ЧСС синусовой аритмии. Уменьшение СВВР трактуется как снижение ВСР, а СВВР ниже пороговых значений считается отражением патологически низкой суточной ВСР.

Использование СВВР позволило эффективно связывать изменения суточной ВСР здоровых лиц и больных с сердечно-сосудистыми заболеваниями, такими как ишемическая болезнь сердца (ИБС), сердечная недостаточность и некоторые другие [7], с динамикой их функционального состояния. В подавляющем большинстве случаев при этих заболеваниях среднегрупповые значения СВВР оказываются меньше, чем в сопоставимых по возрасту группах здоровых лиц. Более того, ухудшение функционального состояния конкретного обследуемого (начало забо-

левания, нарастание сердечной недостаточности, появление осложнений после операции коронарного шунтирования и др.), как правило, сопровождается уменьшением его СВВР, а улучшение функционального состояния – увеличением СВВР.

При артериальной (АГ) и легочной гипертензии (ЛГ) ухудшение функционального состояния больного часто не сопровождается уменьшением параметров его ВСП на длительных промежутках времени, даже на уровне среднегрупповых значений. Более того, возникают парадоксальные ситуации, когда увеличение возраста и нарастание артериального давления у больных АГ и ЛГ приводит не к снижению, а к нарастанию параметров суточной ВСП. Это относится и к параметрам, обсуждаемым в статье [4], и к параметру СВВР. Естественно предположить, что гипертензия оказывает специфическое влияние на ВСП на длительных промежутках времени и необходим поиск количественных параметров ВСП, учитывающих это влияние.

### Двойные изломы ритмограммы

Анализ синусового ритма на длительных промежутках времени показывает следующее. Иногда на последовательности интервалов RR, которую мы далее будем называть ритмограммой, появляются так называемые двойные изломы, т.е. четверки последовательных интервалов RR – RR1, RR2, RR3, RR4, для которых выполнены соотношения  $RR1 < RR2 > RR3 < RR4$  либо соотношения  $RR1 > RR2 < RR3 > RR4$ . Схематическое изображение двойных изломов ритмограммы (ДИР) приведено на рис. 1.

ДИР могут являться результатом различных нарушений ритма, например экстрасистол, атриовентрикулярных блокад 3:2 и т.д. Но они встречаются и в последовательностях нормальных синусовых интервалов RR. Далее мы будем говорить только о ДИР, порождаемых интервалами RR между нормальными синусовыми кардиоциклами.

ДИР встречаются и у здоровых лиц, и у больных с разными заболеваниями. Примеры участка без двойных изломов и участка с двойными изломами на одной и той же суточной ритмограмме здорового обследуемого приведены на рис. 2.

Само по себе наличие на ритмограмме двойных изломов не свидетельствует о каких-либо патологиях. Но замечено, что в некоторых случаях количество ДИР возрастает при ухудшении функционального состояния организма человека. Например, оно может резко вырасти у перетренированных спортсменов [10]. Замечено также, что количество ДИР увеличивается у больных с разными формами АГ, а также у больных с идиопатической ЛГ (ИЛГ).

Большое число двойных изломов на суточной ритмограмме приводит к тому, что значения параметров ВСП сильно нарастают и перестают адекватно отражать характер суточной ВСП. Например, визуальный анализ ритмограмм больных ИЛГ в возрасте 40–59 лет показывает, что у этих больных ДИР встречаются чаще и более выражены, чем у здоровых лиц аналогичного возраста, а на участках ритмограммы, свободных от ДИР, ВСП у больных ИЛГ меньше, чем у здоровых лиц этого возраста. В результате в возрасте 40–59 лет ВСП в группе больных ИЛГ сопоставима с ВСП в группе здоровых лиц. Все это свидетельствует о необходимости учета возможного наличия ДИР при анализе суточной ВСП.

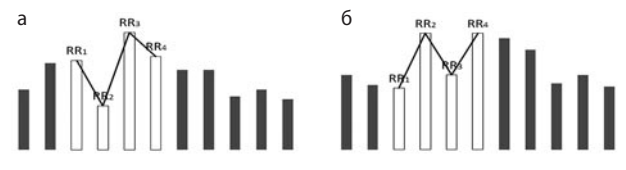
**Цель настоящего исследования** – изучить специфику влияния ДИР на суточную ВСП при АГ и ЛГ.

**В ходе исследования решались две задачи:**

1. Оценить частоту появления ДИР в течение суток при ЛГ и АГ в сопоставлении с частотой появления ДИР в норме и при ИБС.

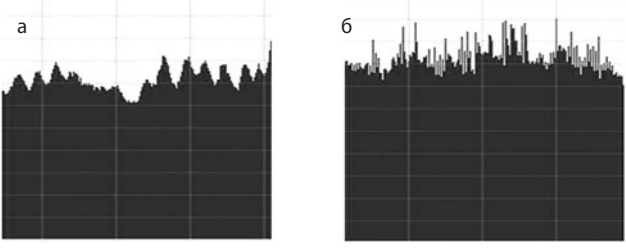
**Рис. 1. Схематическое изображение ДИР:** а – двойной излом, в котором  $RR1 > RR2$ ; б – двойной излом, в котором  $RR1 < RR2$ .

**Fig. 1. A graphical representation of DBR:** a – double break in which  $RR1 > RR2$ ; b – double break in which  $RR1 < RR2$ .



**Рис. 2. Примеры участков ритмограммы здорового обследуемого без двойных изломов и с двойными изломами:** а – участок ритмограммы без двойных изломов; б – участок ритмограммы с двойными изломами.

**Fig. 2. Examples of rhythmogram segments without or with double breaks in a healthy subject:** a – the rhythmogram segment without double breaks; b – the rhythmogram segment with double kinks.



2. Выяснить, чем отличается влияние ДИР на суточную ВСП при ЛГ и АГ от влияния ДИР на суточную ВСП в норме и при ИБС.

### Материал и методы

#### Анализируемый материал

Мы провели анализ суточных записей ЭКГ четырех групп обследуемых.

1. Группа контроля – 67 условно здоровых лиц (29 женщин и 38 мужчин в возрасте от 18 до 55 лет).

2. Группа АГ – 126 больных АГ (66 мужчин и 60 женщин в возрасте от 18 до 59 лет), установленной по данным клинического обследования.

3. Группа ИЛГ – 40 больных ИЛГ I–IV функциональных классов (4 мужчин и 36 женщин в возрасте от 18 до 56 лет), подтвержденной данными клинического обследования, ультразвуковым исследованием сердца и катетеризацией правых отделов сердца. Некоторые из больных ИЛГ были обследованы два и более раза при разных госпитализациях. Всего рассматривали результаты 87 обследований больных ИЛГ.

4. Группа ИБС – 20 больных с ИБС (19 мужчин и 1 женщина в возрасте от 40 до 59 лет), у которых по данным коронароангиографии выявили поражение сосудов и которые впоследствии были направлены на ангиопластику.

Суточное холтеровское мониторирование ЭКГ проводилось с использованием комплекса «Союз» фирмы «ДМС Передовые Технологии» (Россия). Всего было проанализировано 300 холтеровских записей ЭКГ.

Суточная ВСП оценивались в сопоставимых по возрасту подгруппах групп контроля, АГ, ИЛГ и ИБС. Распределение по возрастам всех групп больных приведено в табл. 1.

#### Модификация метода АВСП-ВКР, учитывающая наличие на ритмограмме двойных изломов

При анализе суточной ВСП мы использовали метод, являющийся развитием разработанного в Национальной медицинском исследовательском центре кардиологии метода АВСП-

Таблица 1. Распределение по возрастам обследованных из разных групп

Table 1. Distribution of subjects examined from different groups by age

Возраст, лет	18–29	30–39	40–49	50–59	Всего
Контроль	25	19	17	6	67
АГ	10	18	40	58	126
ИЛГ	27	19	21	20	87
ИБС	-	-	13	7	20

Таблица 2. Деление шкалы ЧСС на диапазоны

Table 2. Ranging of the heart rate scale

i	1	2	3	4	5	6	7	8
ЧСС	>105	105–93	92–84	83–76	75–69	68–64	63–59	<59

ВКР. Параметры ВСР по результатам суточного мониторинга ЭКГ определяются следующим образом\* [11]:

1. Часть ритмограммы (последовательности интервалов RR), содержащую только интервалы RR между синусовыми кардиокомплексами, разбивают на короткие участки по 33 интервала RR. Для каждого короткого участка ритмограммы определяют ЧСС и вариацию короткого участка ритмограммы:

$$ВКР = \sum \text{abs}[RR(k+1) - RR(k)] \quad (k=1, \dots, 32),$$

характеризующую величину ВСР на этом участке.

2. На ритмограмме выделяют все двойные изломы, т.е. четверки последовательных интервалов RR[j], RR[j+1], RR[j+2], RR[j+3], для которых различие между соседними интервалами RR составляет не менее 24 мс и выполняются неравенства

$$RR[j] < RR[j+1] > RR[j+2] < RR[j+3]$$

или неравенства

$$RR[j] > RR[j+1] < RR[j+2] > RR[j+3].$$

Все короткие участки ритмограммы делят на участки, содержащие ДИР, и участки, не содержащие ДИР.

3. Шкала ЧСС делится на диапазоны, упорядоченные по убыванию ЧСС (табл. 2).

Каждый короткий участок ритмограммы относят к группе с номером, равным номеру диапазона, в который попала его ЧСС. После этого для каждого диапазона ЧСС с номером i вычисляют следующие характеристики:

- n(i) – количество коротких участков ритмограммы, попавших в диапазон с номером i;
- ВКРМ(i) – среднее значение величин ВКР всех коротких участков ритмограммы, попавших в диапазон с номером i;
- n1(i) – количество коротких участков ритмограммы, попавших в диапазон с номером i и не содержащих ДИР;
- ВКРМ1(i) – среднее значение величин ВКР коротких участков ритмограммы, попавших в диапазон с номером i и не содержащих ДИР;
- n2(i) – количество коротких участков ритмограммы, попавших в диапазон с номером i и содержащих ДИР;
- ВКРМ2(i) – среднее значение величин ВКР по коротким участкам ритмограммы, попавших в диапазон с номером i и содержащих ДИР;
- ПДИЧСС(i) =  $n2(i)/n(i) \times 100\%$  – выраженная в процентах доля коротких участков ритмограммы с двойными изломами в диапазоне с номером i.

4. Для всей суточной ритмограммы определяют следующие параметры:

- ПДИ =  $\sum (n2(i), i=1, \dots, 8) / \sum (n(i), i=1, \dots, 8) \times 100\%$  – выраженная в процентах доля коротких участков ритмограммы, со-

держащих двойные изломы, к общему числу ее коротких участков.

- СВВР, ее части, не содержащей двойных изломов (СВВР1), и части, содержащей двойные изломы (СВВР2) – величины

$$СВВР = \sum (n(i) \times q(i) \times ВКРМ(i)) / \sum (n(k), k=1, \dots, 8),$$

$$СВВР1 = \sum (n1(i) \times q(i) \times ВКРМ1(i)) / \sum (n1(k), k=1, \dots, 8),$$

$$СВВР2 = \sum (n2(i) \times q(i) \times ВКРМ2(i)) / \sum (n2(k), k=1, \dots, 8),$$

где i, k=1, ..., 8 – номера диапазонов, а коэффициенты q(i) задаются [2–4] равенствами q(1)=3.04, q(2)=2.75, q(3)=2.33, q(4)=1.88, q(5)=1.56, q(6)=1.34, q(7)=1.15 и q(8)=1.

Величина СВВР является количественной характеристикой ВСР на всем исследуемом участке, величина СВВР1 характеризует ВСР на части суточной ритмограммы без двойных изломов, а величина СВВР2 характеризует ВСР на части ритмограммы с двойными изломами.

5. Для количественной оценки степени различия ВСР на части ритмограммы с ДИР и ВСР на части ритмограммы без ДИР вводили дополнительный параметр – коэффициент влияния двойных изломов (КВДИ) = СВВР2/СВВР1. Смысл применения КВДИ при анализе ВСР заключается в следующем. Большой размах ДИР увеличивает СВВР2, а малость ВСР на участках без ДИР уменьшает значения СВВР1. И то, и другое приводит к увеличению КВДИ.

При статистической обработке материала применялось программное обеспечение Statistica 7.0 StatSoft Inc. Для оценки различий между двумя независимыми выборками был использован непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Различия признавались статистически значимыми при p < 0,05.

## Результаты и обсуждение

### Частота появления ДИР в исследуемых группах

Среднегрупповые значения процентов коротких участков ритмограммы с двойными изломами, отвечающих всем суткам наблюдения (ПДИ) и различным диапазонам изменения ЧСС (ПДИЧСС) в различных возрастных подгруппах групп контроля, ИЛГ, АГ и ИБС, приведены в табл. 3.

Обсудим наиболее важные свойства ДИР, отраженные в результатах, содержащихся в табл. 3.

### ДИР как элемент регулирования синусового ритма

Поскольку ДИР встречаются у здоровых и условно здоровых лиц всех возрастов в любых диапазонах ЧСС, можно считать, что так же, как и дыхательная аритмия, ДИР *естественны для синусового ритма – они отражают процесс самого быстрого регулирования скорости поступ-*

\*Соболев А.В., Рябыкина, Г.В., Кожемякина Е.Ш. Способ количественной оценки суточной вариабельности сердечного ритма. Изобретение №2614886, от 30.03.2017.



**Таблица 3. Среднегрупповые значения параметров ПДИЧСС и ПДИ в возрастных подгруппах групп контроля, АГ, ИЛГ и ИБС**  
**Table 3. Mean group values of the percentage of HRDBR short segments and DBR parameters in age subgroups of control groups, АН, IPH and IHD**

Группа	Контроль				ИЛГ			
	18–29 (n=25)	30–39 (n=19)	40–49 (n=17)	50–59 (n=6)	18–29 (n=27)	30–39 (n=19)	40–49 (n=21)	50–59 (n=20)
Возраст, лет								
Диапазон ЧСС, уд/мин	ПДИЧСС, %				ПДИЧСС, %			
>105	7,1	6,5	6,9	8,0	5,6	10,8	4,6	30,0
93–105	10,5	5,5	4,0	7,5	5,5	12,9	7,8	17,0
84–92	19,2	10,6	6,0	8,3	10,5	11,1	7,8	13,8
76–83	31,3	17,8	11,5	12,0	16,3	13,4	10,7	15,7
69–75	39,9	23,2	16,8	13,1	27,7	18,2	18,6	18,1
64–68	47,8	31,8	19,1	13,3	41,8	27,9	25,9	22,8
59–63	64,1	39,1	26,0	16,1	57,9	41,1	39,4	31,2
<59	79,6	51,1	46,4	27,6	75,4	66,3	66,2	45,0
ПДИ	36,7	19,5	17,3	13,6	25,5	26,7	25,4	29,4
Группа	АГ				ИБС			
Возраст, лет	18–29 (n=10)	30–39 (n=18)	40–49 (n=40)	50–59 (n=58)	18–29 (n=0)	30–39 (n=0)	40–49 (n=13)	50–59 (n=7)
Диапазон ЧСС, уд/мин	ПДИЧСС, %				ПДИЧСС, %			
>105	4,8	3,2	6,0	13,9	–	–	0,0*	–
93–105	10,8	3,2	7,2	12,4	–	–	0,0*	0,0**
84–92	14,2	8,4	9,1	12,4	–	–	0,6**	0,3**
76–83	29,9	15,7	10,5	10,9	–	–	1,3**	0,4*
69–75	48,7	25,6	12,0	14,1	–	–	4,2**	0,7*
64–68	65,6	36,8	19,2	23,0	–	–	6,3*	1,4*
59–63	80,4	52,0	33,4*	31,8	–	–	11,7*	3,3**
<59	92,4	65,9	50,8*	50,9	–	–	18,3**	15,1
ПДИ	44,9	33,6	23,1	27,0	–	–	10,2	3,1

\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  (здесь и далее сравнения проводились для подгрупп групп патологий с подгруппами группы контроля одинаковых возрастных диапазонов).

\* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$  (hereinafter, comparisons were made for the subgroups of disease groups with the subgroups of control groups of the same age ranges).

### ления крови в кровеносную систему, заключающийся в попеременном уменьшении и увеличении интервалов RR по типу бигеминии в рамках заданной ЧСС.

Поскольку ДИР возникают на ритмограмме не все время (в противном случае ПДИ был бы всегда равен 100%), можно предположить, что быстрое регулирование ритма – это механизм поддержания гомеостаза, который можно охарактеризовать частотой запроса организма на быстрое регулирование и возможностью реализации этого запроса.

Сочетание частоты запроса на быстрое регулирование ритма и возможности его реализации характеризуется частотой встречаемости ДИР на всей ритмограмме и в разных диапазонах ЧСС (т.е. параметрами ПДИ и ПДИЧСС).

### Частота появления ДИР в норме

В норме согласование запроса на быстрое регулирование ритма с возможностью реализации этого запроса полностью отвечает ранее установленным свойствам ВСР [7–9]: чем меньше ЧСС, тем больше возможностей для быстрого регулирования синусового ритма, порождающего ДИР. Отражением этого является нарастание среднегрупповых значений ПДИЧСС при снижении ЧСС во всех возрастных подгруппах группы контроля.

Естественно предположить, что механизм быстрого регулирования наиболее эффективно реализуется у здоровых молодых людей. Отражением такой эффективной регуляции является монотонность нарастания среднегрупповых значений ПДИЧСС при переходе к более низкой ЧСС, наблюдаемая для всех без исключения исследуемых диапазонов в подгруппе 18–29 лет группы контроля.

В подгруппах группы контроля возрастов 30 и более лет снижаются и возможности регулирования синусового ритма по сравнению с возрастными до 30 лет. Это проявляется в тенденции к снижению ПДИЧСС в большинстве диапазонов изменения ЧСС при переходе к более старшим возрастным подгруппам. Но в то же время после 30 лет начинают появляться затруднения в работе сердечно-сосудистой системы, приводящие к дисбалансу кровообращения, требующему дополнительного регулирования ритма. Такие затруднения появляются в диапазоне высоких ЧСС и проявляются тенденциями к нарастанию ПДИЧСС при переходе от нормокардии к тахикардии.

### Влияние ИБС и гипертоний на частоту появления ДИР

Частота появления ДИР во всех исследуемых группах зависит от двух факторов: диапазона ЧСС и возраста обследуемого. При сопоставлении величин ПДИЧСС и ПДИ в группах контроля, ИБС, АГ и ИЛГ выявляются как некоторые общие тенденции в частоте появления ДИР, так и существенные различия между группами ИБС и гипертонии.

Во всех возрастных подгруппах всех исследуемых групп при ЧСС < 84 уд/мин процент участков с ДИР имеет четкую тенденцию к нарастанию при снижении ЧСС, причем во всех подгруппах он резко нарастает при переходе к диапазону брадикардии (ЧСС < 59 уд/мин). При этом в возрастах 50–59 лет и в норме, и при гипертонии наблюдается нарастание ПДИЧСС при переходе ЧСС от нормокардии к тахикардии (ЧСС > 105 уд/мин).

**Таблица 4. Возрастная динамика среднегрупповых значений основных параметров суточной ВСР в группах контроля, АГ, ИЛГ и ИБС**  
**Table 4. Age dynamics of the mean group values of the main parameters of daily SRV in the control groups, AH, IPH and IHD**

Группа	Контроль				ИЛГ			
	18–29 (n=25)	30–39 (n=19)	40–49 (n=17)	50–56 (n=6)	18–29 (n=27)	30–39 (n=19)	40–49 (n=21)	50–56 (n=20)
Возраст, лет								
Параметры,	Среднегрупповые значения				Среднегрупповые значения			
СВВР, мс	1462	1058	871	711	888+	792*	810	734
СВВР1, мс	1178	973	807	672	671++	631++	704	551
СВВР2, мс	1860	1385	1169	988	1373**	1115*	1064	1038
КВДИ	1,6	1,4	1,5	1,5	2,2*	1,8**	1,5	2,1
Группа	АГ				ИБС			
Возраст, лет	18–29 (n=10)	30–39 (n=18)	40–49 (n=40)	50–56 (n=58)	18–29 (n=0)	30–39 (n=0)	40–49 (n=13)	50–56 (n=7)
Параметры	Среднегрупповые значения				Среднегрупповые значения			
СВВР, мс	1419	1084	764	741	–	–	753	519*
СВВР1, мс	1084	845	646**	623	–	–	728	512
СВВР2, мс	1847	1420	1061	1001	–	–	961	724*
КВДИ	1,8	1,7*	1,7	1,6	–	–	1,3	1,4

\* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ ; \* $p < 0,001$ ; ++ $p < 0,0001$ .

Вместе с тем необходимо отметить два принципиальных различия во влиянии ИБС и гипертензий на частоту появления ДИР.

1. В обеих возрастных подгруппах группы ИБС среднегрупповые значения ПДИ и ПДИЧСС во всех диапазонах ЧСС в разы (и почти для всех диапазонов ЧСС статистически значимо) меньше, чем в соответствующих подгруппах группы контроля. В то же время во всех возрастных подгруппах групп АГ и ИЛГ среднегрупповые значения ПДИ и ПДИЧСС сопоставимы со значениями в соответствующих подгруппах группы контроля, а в возрастах 30 и более лет во многих случаях их превышают.

2. В группе ИБС среднегрупповые значения ПДИЧСС во всех диапазонах ЧСС снижаются при переходе от возрастов 40–49 лет к возрастам 50–56 лет. В группах контроля, АГ и ИЛГ ситуация иная: в диапазонах ЧСС > 75 уд/мин наблюдается тенденция к увеличению ПДИЧСС при переходе от возрастов 40–49 лет к возрастам 50–59 лет, причем эта тенденция проявляется сильнее при гипертензии, особенно при ИЛГ.

#### Влияние АГ, ИЛГ и ИБС на суточную ВСР и ВСР на участках с двойными изломами и без двойных изломов

Среднегрупповые значения ВСР, отвечающие всей ритмограмме (СВВР), ее части, не содержащей двойных изломов (СВВР1), части, содержащей двойные изломы (СВВР2), а также КВДИ приведены в табл. 4. Приведенные в таблице данные указывают как на сходство, так и на принципиальные различия во влиянии ДИР на ВСР при ИБС и гипертензии. Укажем на наиболее важные проявления этого влияния.

1. Для всех возрастных подгрупп всех исследуемых групп среднегрупповые значения СВВР2 превышают среднегрупповые значения СВВР1. Следует отметить, что для всех 300 рассмотренных нами суточных записей ЭКГ выполнялись соотношения СВВР2 > СВВР1. Таким образом, ВСР на части ритмограммы с двойными изломами всегда превышает ВСР на части той же ритмограммы без двойных изломов.

2. Ранее [7–9] мы показали, что в норме суточные ВСР имеют тенденцию к снижению при увеличении возраста обследуемых. Из результатов, приведенных в табл. 4, вытекает, что в норме тем же фундаментальным свойством обладает ВСР на частях ритмограммы без ДИР и с ДИР:

и СВВР1, и СВВР2 в норме имеют тенденцию к снижению при увеличении возраста обследуемых.

3. Тенденция к снижению ВСР при увеличении возраста и на всей ритмограмме, и на ее частях с ДИР и без ДИР имеет место и для большинства исследуемых нами групп и подгрупп. Во всех подгруппах групп АГ и ИБС и в большинстве подгрупп группы ИЛГ переход к более старшим возрастам сопровождался снижением средних значений СВВР, СВВР1 и СВВР2. Только в подгруппе ИЛГ возрастов 40–49 лет среднегрупповые значения СВВР и СВВР1 были больше соответствующих средних значений в подгруппе ИЛГ возрастов 30–39 лет.

4. **И при ИБС, и при гипертензиях ВСР на частях ритмограммы без двойных изломов (СВВР1) имеет тенденцию к снижению по сравнению с нормой.**

5. **ВСР на частях ритмограммы с двойными изломами при ИБС имеет тенденцию к снижению по сравнению с нормой:** в обеих возрастных подгруппах группы ИБС среднегрупповые значения параметров СВВР2 меньше, чем в соответствующих подгруппах группы контроля. **При гипертензии такая тенденция выполняется не всегда:** среднегрупповые значения СВВР2 в подгруппах АГ и ИЛГ возрастов 50–59 лет превышают соответствующие значения СВВР2 в группе контроля.

6. **Коэффициент влияния двойных изломов при ИБС имеет тенденцию к снижению, а при ИЛГ и АГ – к нарастанию по сравнению с нормой.** Среднегрупповые значения КВДИ во всех возрастных подгруппах группы ИБС были меньше, а в подгруппах групп АГ и ИЛГ – больше значений КВДИ в соответствующих подгруппах группы контроля.

#### Выводы

Результаты, приведенные в табл. 3, 4, позволяют сделать ряд важных выводов о роли ДИР в формировании ВСР и о специфике влияния АГ и ЛГ на суточную ВСР.

1. Быстрые изменения синусового ритма, проявляющиеся в появлении на ритмограмме двойных изломов, являются механизмом регулирования синусового ритма.

2. И в норме, и при ИБС, и при гипертензии прослеживается четкая тенденция к увеличению частоты появления ДИР при снижении ЧСС.

3. В норме частота появления ДИР в большинстве диапазонов изменения ЧСС (за исключением диапазона тахикар-

дии) имеет тенденцию к снижению при увеличении возраста обследуемого.

4. При ИБС возможности процесса регулирования, характеризующегося наличием ДИР, снижаются. Это проявляется, во-первых, существенным уменьшением по сравнению с нормой частоты появления ДИР во всех диапазонах изменения ЧСС и, во-вторых, тенденцией к уменьшению по сравнению с нормой как значений ВСР на участках ритмограммы с ДИР и без ДИР, так и различий между этими значениями, проявляющихся в снижении коэффициента влияния двойных изломов.

5. Влияние гипертензий на частоту появления на ритмограмме двойных изломов противоположно влиянию ИБС на этот процесс. При АГ и ИЛГ параметры ПДИ и ПДИЧСС в большинстве диапазонов изменения ЧСС нарастают по сравнению с нормой.

6. При АГ и ИЛГ на частях ритмограммы без двойных изломов прослеживается четкая тенденция к снижению ВСР

по сравнению с нормой, а на частях ритмограммы с двойными изломами эта тенденция менее выражена или отсутствует, а в возрастах старше 50 лет – меняется на противоположную. Как следствие, коэффициент влияния двойных изломов при гипертензиях имеет явную тенденцию к увеличению по сравнению с нормой.

7. Таким образом, при АГ и ИЛГ тенденция к снижению суточной ВСР также проявляется. Только проявляется она не для всего периода длительного наблюдения, а лишь для той его части, которой не отвечают ДИР. Гипертензии (в отличие от ИБС) стимулируют усиление влияния ДИР на нарастание ВСР. Это влияние необходимо учитывать при анализе суточной ВСР.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interests.

## Литература/References

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997 [Baevsky RM, Berseneva AP. Assessment of the body's adaptive capabilities and the risk of developing diseases. Moscow: Medicine, 1997 (in Russian)].
2. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). Вестн. аритмологии. 2001; 24: 66–85 [Baevskii RM. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii). Vestn. aritmologii. 2001; 24: 66–85 (in Russian)].
3. Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. М.: Наука, 1984 [Baevsky RM, Kirillov OI, Kletskin SZ. Mathematical analysis of changes in heart rate during stress. Moscow: Nauka, 1984 (in Russian)].
4. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Eur Heart J 1996; 17: 354–81.
5. Маколкин В.И., Зябрев Ф.Н. Может ли частота сердечных сокращений рассматриваться в качестве фактора риска сердечно-сосудистых заболеваний? Кардиоваск. терапия и профилактика. 2006; 5 (6): 5–9 [Makolkin VI, Zyabrev FN. Could heart rate be considered a risk factor for cardiovascular disease? Cardiovasc. therapy and prevention. 2006; 5 (6): 5–9 (in Russian)].
6. Wolf MM, Varigos GA, Hunt D, Sloman JG. Sinus arrhythmia in acute myocardial infarction. Med J Aust 1978; 2: 52–3.
7. Соболев А.В. Методы анализа вариабельности сердечного ритма на длительных промежутках времени. М.: Медпрактика, 2009 [Sobolev AV. Methods for analyzing heart rate variability over long periods of time. Moscow: Medpraktika, 2009 (in Russian)].
8. Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Холтеровское и бифункциональное мониторирование ЭКГ и артериального давления. Издание второе. М.: Медпрактика-М, 2016 [Ryabykina GV, Sobolev AV. Holter and bifunctional monitoring of ECG and blood pressure. Second edition. М.: Medpraktika-M, 2016 (in Russian)].
9. Соболев А.В. Анализ вариабельности сердечного (синусового) ритма. В кн.: Функциональная диагностика. Национальное руководство. Под ред. Н.Ф. Берестень, В.А. Сандрикова, С.И. Федоровой. М: ГЭОТАР-Медиа, 2019 [Sobolev AV. Analysis of the variability of the heart (sinus) rhythm. In the book: Functional diagnostics. National leadership. Ed. NF Beresten, VA Sandrikov, SI Fedorova. Moscow: GEOTAR-Media, 2019 (in Russian)].
10. Медведев А.П., Гаврилушкин А.П., Маслюк А.П., и др. Анализ вариабельности ритма сердца у спортсменов. Учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во Нижегородской мед. академии, 1999 [Medvedev AP, Gavrilushkin AP, Maslyuk AP, et al. Analysis of heart rate variability in athletes. Tutorial. N. Novgorod: Publishing house of Nizhny Novgorod honey. academies, 1999 (in Russian)].
11. Соболев А.В., Рябыкина Г.В., Кожемякина Е.Ш. Новый метод анализа вариабельности синусового ритма на длительных промежутках времени, учитывающий наличие на ритмограмме двойных изломов. Современная функциональная диагностика. 2017; 1: 22–6 [Sobolev AV, Ryabykina GV, Kozhemiakina ESh. Novyi metod analiza variabel'nosti sinusovogo ritma na dlitel'nykh promezhutkakh vremeni, uchityvaiushchii nalichie na ritmogramme dvoynykh izlomov. Sovremennaiia funktsional'naia diagnostika. 2017; 1: 22–6 (in Russian)].

Статья поступила в редакцию / The article received: 26.02.2021

Статья принята к печати / The article approved for publication: 23.03.2021



OMNIDOCTOR.RU