

# ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА<sup>1</sup>

## ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM IN PATIENTS WITH ARTERIAL HYPERTENSION ACCORDING TO STATISTICAL PARAMETERS OF HEART RATE VARIABILITY<sup>2</sup>

**V. Stupin  
A. Tryasuchev  
E. Kuryanova**

**Summary.** The analysis of heart rate variability (HRV) in the supine position (initial state) and during orthostasis in patients with arterial hypertension (AH) of 1 and 2 degrees of both sexes aged 45–60 years was carried out. In men with AH 1 degree during orthostasis, the heart rate increases from 73 to 91 beats/min ( $p < 0.01$ ), SI — from 164 to 241 rel. units. In men with AH 2 degree, the heart rate during orthostasis increases from 78 to 97 beats/min., SI — from 239 to 354 rel. units. In women with AH 1 and 2 degrees during orthostasis, the heart rate rises from 76–80 to 95–98 beats/min, SI — from 196–278 to 357–407 rel. units, the variability indicators remain higher in patients with AH 1 degree. The results indicate that patients with AH 2-degree show signs of increased activity of sympathoadrenal regulation mechanisms, and the vasomotor center is more activated during orthostasis. Patients with AH 1 degree are characterized by a greater contribution of the autonomous circuit and the parasympathetic channel to the regulation of heart rhythm with less activity of the sympathoadrenal system and the vasomotor center. Consequently, the body of patients with AH 1 degree has higher functional capabilities of the heart rhythm regulation system to adapt to various loads.

**Keywords:** arterial hypertension, heart rate variability, orthostatic test, autonomic reactivity, functional reserves.

**Ступин Виктор Олегович**

Кандидат биологических наук,  
старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Астраханский  
государственный университет им. В.Н. Татищева»  
neverforgettoday@bk.ru

**Трясучев Андрей Валерьевич**

Кандидат биологических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный  
университет им. В.Н. Татищева»  
tryandval@mail.ru

**Курьянова Евгения Владимировна**

Доктор биологических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный  
университет им. В.Н. Татищева»  
teplyconf@yandex.ru

**Аннотация.** Проведен анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) в положении лежа (исходное состояние) и при ортостазе у пациентов с артериальной гипертензией (АГ) 1 и 2 степени обоего пола в возрасте 45–60 лет. У мужчин с АГ 1 степени при ортостазе ЧСС повышается с 73 до 91 уд/мин. ( $p < 0.01$ ), ИН — со 164 до 241 отн. ед. У мужчин с АГ 2 степени ЧСС при ортостазе повышается с 78 до 97 уд/мин., ИН — со 239 до 354 отн. ед. У женщин с АГ 1 и 2 степени при ортостазе ЧСС поднимается с 76–80 до 95–98 уд/мин., ИН — со 196–278 до 357–407 отн. ед., показатели вариабельности остаются более высокими у пациенток с АГ 1 степени. Результаты свидетельствуют, что у пациентов с АГ 2 степени отмечаются признаки повышенной активности симпатoadренальных механизмов регуляции, в большей степени активируется сосудодвигательный центр при ортостазе. Для пациентов с АГ 1 степени характерен больший вклад автономного контура и парасимпатического канала в регуляцию ритма сердца при меньшей активности симпатoadrenalовой системы и сосудодвигательного центра. Следовательно, организм пациентов с АГ 1 степени имеет более высокие функциональные возможности системы регуляции ритма сердца для адаптации к различным нагрузкам.

**Ключевые слова:** артериальная гипертензия, вариабельность сердечного ритма, ортостатическая проба, вегетативная реактивность, функциональные резервы.

<sup>1</sup> Исследования проведены при поддержке конкурса грантов государственной программы поддержки «Приоритет 2030».

<sup>2</sup> The research was carried out with the support of the grant competition of the state support program «Priority 2030».

## Введение

Артериальная гипертензия (АГ) является одним из наиболее распространенных сердечно-сосудистых заболеваний и важным фактором риска развития инфаркта миокарда, инсульта, сердечной и почечной недостаточности [5, с. 63]. Особенности регуляции сердечного ритма и состояние вегетативной нервной системы (ВНС) играют ключевую роль в патогенезе АГ и ассоциированных с ней осложнений. Дисбаланс вегетативной регуляции с преобладанием симпатических влияний и снижением парасимпатического тонуса рассматривается как один из важных механизмов повышения артериального давления (АД) и прогрессирования АГ [3, с. 112; 8, с. 42].

Для оценки функционального состояния ВНС и адаптационных возможностей организма у пациентов с АГ широко используется анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). Параметры ВСР позволяют количественно охарактеризовать активность симпатического и парасимпатического отделов ВНС, соотношение центральных и автономных контуров регуляции, а также адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы [1, с. 80; 4, с. 230]. Для выявления особенностей вегетативной реактивности и резервных возможностей организма эффективно применение функциональных проб, в частности активной ортостатической пробы (АОП) [6, с. 10101; 11, с. 5].

Несмотря на большое количество исследований, посвященных изучению ВСР при АГ, многие аспекты вегетативной дисрегуляции у пациентов с разной степенью повышения АД остаются недостаточно изученными. Представляет интерес сравнительная оценка параметров ВСР и вегетативной реактивности у пациентов с АГ 1 и 2 степени, что позволит выявить особенности регуляторных механизмов на разных стадиях заболевания.

Цель исследования — изучить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма и ортостатической реактивности у пациентов с АГ 1 и 2 степени.

## Материалы и методы

В исследовании приняли участие 80 пациентов с эссенциальной АГ 1 и 2 степени в возрасте от 45 до 60 лет. Пациенты были разделены на 4 группы по полу и степени АГ: 20 мужчин с АГ 1 степени, 20 мужчин с АГ 2 степени, 20 женщин с АГ 1 степени и 20 женщин с АГ 2 степени. Степень АГ определяли согласно клиническим рекомендациям по диагностике и лечению артериальной гипертензии (2020) [5]. Критериями исключения были вторичные формы АГ, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, нарушения ритма и проводимости сердца. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

ЭКГ регистрировали с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард» (Россия) в положении лежа после 5-минутного отдыха и на 5–6 минуте АОП. Анализ ВСР проводили на 5-минутных участках записи по стандартной методике [1]. Оценивали следующие временные показатели: ЧСС (уд/мин),  $\Delta X$  (мс) — вариационный размах, SDNN (мс) — стандартное отклонение интервалов NN, RMSSD (мс) — квадратный корень из суммы квадратов разностей между соседними NN-интервалами, pNN50 (%) — процент соседних NN-интервалов, различающихся более чем на 50 мс. Рассчитывали индекс напряжения (ИН, отн.ед.) по формуле:  $ИН = АМо / (2 \times Мо \times \Delta X)$  [4, с. 230].

Статистическую обработку данных проводили в программе Statistica 10. Для оценки различий между группами использовали критерий Манна-Уитни. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

## Результаты исследования

В исходном состоянии у мужчин с АГ 1 степени ЧСС, ИН и показатели вариабельности ритма находились в пределах нормальных значений (табл. 1). У мужчин с АГ 2 степени отмечалось достоверное повышение ЧСС и ИН по сравнению с пациентами с АГ 1 степени, а также снижение SDNN, RMSSD и pNN50, что указывало на более выраженное напряжение регуляторных систем и преобладание симпатических влияний на ритм сердца.

Таблица 1.

Показатели ВСР у мужчин с АГ 1 и 2 степени ( $M \pm m$ )

| Показатели      | АГ 1 степени   | АГ 2 степени    |
|-----------------|----------------|-----------------|
| ЧСС, уд/мин     | 73,4 $\pm$ 2,5 | 78,6 $\pm$ 2,8* |
| $\Delta X$ , мс | 342 $\pm$ 28   | 296 $\pm$ 31    |
| SDNN, мс        | 59,2 $\pm$ 4,6 | 46,8 $\pm$ 3,9* |
| RMSSD, мс       | 43,7 $\pm$ 5,2 | 29,4 $\pm$ 4,1* |
| pNN50, %        | 11,6 $\pm$ 2,7 | 5,2 $\pm$ 1,8*  |
| ИН, отн.ед.     | 164 $\pm$ 19   | 239 $\pm$ 24*   |

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по сравнению с АГ 1 степени.

При проведении АОП у мужчин с АГ 1 степени наблюдался умеренный прирост ЧСС на 18 уд/мин ( $p < 0,01$ ) и ИН на 77 отн.ед., а также некоторое снижение показателей вариабельности (табл. 2). У пациентов с АГ 2 степени ортостатическая реакция была более выраженной — ЧСС увеличилась на 19 уд/мин, ИН — на 115 отн.ед., SDNN и RMSSD значительно снизились. Это свидетельствовало о большей активации симпатоадреналовых механизмов и напряжении процессов адаптации при ортостазе у мужчин с АГ 2 степени.

У женщин с АГ 1 степени в исходном состоянии ЧСС и ИН были несколько выше, а показатели вариабельно-

Таблица 2.

Динамика показателей ВСР у мужчин с АГ при АОП (М±m)

| Показатели  | АГ 1 степени |            | АГ 2 степени |            |
|-------------|--------------|------------|--------------|------------|
|             | Исходно      | АОП        | Исходно      | АОП        |
| ЧСС, уд/мин | 73,4±2,5     | 91,2±3,1** | 78,6±2,8     | 97,4±3,4** |
| ΔХ, мс      | 342±28       | 284±25**   | 296±31       | 227±27**   |
| SDNN, мс    | 59,2±4,6     | 48,5±3,8*  | 46,8±3,9     | 33,6±3,2** |
| RMSSD, мс   | 43,7±5,2     | 29,1±4,4*  | 29,4±4,1     | 18,7±3,6** |
| pNN50, %    | 11,6±2,7     | 6,8±2,1    | 5,2±1,8      | 2,4±1,2    |
| ИН, отн.ед. | 164±19       | 241±28**   | 239±24       | 354±37***  |

Примечание: \* —  $p < 0,05$ , \*\* —  $p < 0,01$ , \*\*\* —  $p < 0,001$  по сравнению с исходным состоянием.

сти — ниже, чем у мужчин соответствующей группы, что отражало меньшую стрессоустойчивость и адаптационные резервы женского организма (табл. 3). Пациентки с АГ 2 степени характеризовались более высокими значениями ЧСС и ИН, а также сниженными показателями ВСР по сравнению с женщинами с АГ 1 степени, что свидетельствовало о большем напряжении регуляторных систем.

Таблица 3.

Показатели ВСР у женщин с АГ 1 и 2 степени (М±m)

| Показатели  | АГ 1 степени | АГ 2 степени |
|-------------|--------------|--------------|
| ЧСС, уд/мин | 76,8±2,6     | 80,5±2,9     |
| ΔХ, мс      | 320±26       | 264±29*      |
| SDNN, мс    | 52,7±4,2     | 42,3±3,6*    |
| RMSSD, мс   | 36,4±4,8     | 24,1±3,9*    |
| pNN50, %    | 8,3±2,4      | 3,6±1,6*     |
| ИН, отн.ед. | 196±22       | 278±31*      |

Примечание: \* —  $p < 0,05$  по сравнению с АГ 1 степени.

При АОП у женщин с АГ 1 степени ЧСС увеличилась на 19 уд/мин ( $p < 0,01$ ), ИН — на 161 отн.ед., SDNN и RMSSD снизились в меньшей степени, чем у мужчин (табл. 4). У пациенток с АГ 2 степени прирост ЧСС составил 18 уд/мин, ИН повысился на 129 отн.ед., а показатели ВСР существенно уменьшились. Это указывало на более выраженную активацию симпатического отдела ВНС и централизацию управления ритмом сердца при ортостазе у женщин с АГ 2 степени.

### Обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о наличии выраженных особенностей вегетативной регуляции сер-

Таблица 4.

Динамика показателей ВСР у женщин с АГ при АОП (М±m)

| Показатели  | АГ 1 степени |            | АГ 2 степени |             |
|-------------|--------------|------------|--------------|-------------|
|             | Исходно      | АОП        | Исходно      | АОП         |
| ЧСС, уд/мин | 76,8±2,6     | 95,4±3,2** | 80,5±2,9     | 98,3±3,5**  |
| ΔХ, мс      | 320±26       | 252±23**   | 264±29       | 203±25***   |
| SDNN, мс    | 52,7±4,2     | 41,5±3,5*  | 42,3±3,6     | 30,8±3,1*** |
| RMSSD, мс   | 36,4±4,8     | 26,7±4,1*  | 24,1±3,9     | 15,3±3,4**  |
| pNN50, %    | 8,3±2,4      | 5,1±1,9    | 3,6±1,6      | 1,7±1,1     |
| ИН, отн.ед. | 196±22       | 357±34***  | 278±31       | 407±42***   |

Примечание: \* —  $p < 0,05$ , \*\* —  $p < 0,01$ , \*\*\* —  $p < 0,001$  по сравнению с исходным состоянием.

дечного ритма и ортостатической реактивности у пациентов с АГ 1 и 2 степени. По мере прогрессирования АГ происходит нарастание симпатической активности, снижение парасимпатических влияний и уменьшение вариабельности сердечного ритма, что согласуется с данными других исследователей [3, с. 112; 8, с. 43].

У пациентов с АГ 1 степени отмечается относительно сбалансированное состояние вегетативной нервной системы в покое, о чем свидетельствуют нормальные значения ЧСС, ИН и показателей ВСР. При проведении ортостатической пробы у них наблюдается умеренное повышение симпатического тонуса и снижение вагусных влияний, что проявляется увеличением ЧСС, ИН и уменьшением вариабельности ритма. Такая реакция на ортостаз отражает адекватные адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы и сохранность вегетативной реактивности [1, с. 81; 6, с. 10101].

Напротив, у больных АГ 2 степени выявлены признаки исходного вегетативного дисбаланса с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца. Об этом свидетельствуют более высокие значения ЧСС и ИН, а также сниженные показатели ВСР в покое по сравнению с пациентами с АГ 1 степени. Ортостатическая проба у больных АГ 2 степени вызывает чрезмерную активацию симпатoadренальной системы и сосудодвигательного центра, что проявляется значительным приростом ЧСС, ИН и резким снижением вариабельности ритма. Подобная гиперреактивность вегетативной нервной системы в ответ на ортостаз отражает истощение адаптационных резервов организма и может способствовать прогрессированию АГ и развитию сердечно-сосудистых осложнений [4, с. 230; 7, с. 29].

Сравнительный анализ показателей ВСР у мужчин и женщин с АГ позволил выявить гендерные особен-

сти вегетативной регуляции. Для женщин с АГ, особенно 2 степени, характерны более высокие значения ЧСС и ИН, а также меньшая вариабельность ритма сердца, чем для мужчин. Это указывает на большую симпатическую активность и меньшие адаптационные возможности женского организма при повышении АД [9, с. 7; 12, с. 259]. При проведении АОП у женщин с АГ 2 степени наблюдалась более выраженная ортостатическая реакция с чрезмерным повышением ЧСС, ИН и снижением показателей ВСР, чем у мужчин соответствующей группы. По-видимому, это связано с анатомо-физиологическими особенностями женского организма, такими как меньшая масса миокарда, более высокая ЧСС в покое, большая реактивность ВНС и меньшая устойчивость к стрессорным воздействиям [2, с. 61; 10, с. 324].

Таким образом, прогрессирование АГ сопровождается нарастанием вегетативной дисфункции с преобладанием симпатических влияний, снижением вагусного тонуса и вариабельности сердечного ритма. Эти изменения более выражены у пациентов с АГ 2 степени и у женщин, что свидетельствует о большем напряжении регуляторных систем и снижении адаптационных возможностей организма. Ортостатическая реакция при АГ 2 степени характеризуется чрезмерной активацией симпатoadреналовых механизмов и централизацией управления ритмом сердца, особенно у женщин, что отражает низкие функциональные резервы сердечно-сосудистой системы. Вегетативный дисбаланс и сниженная ВСР у больных АГ ассоциированы с повышенным риском развития сердечно-сосудистых осложнений и требуют коррекции в процессе лечения.

## Выводы

В исходном состоянии у туркменских студентов отмечается больший вклад автономного контура и парасимпатического канала в регуляцию ритма сердца при меньшей активности симпатoadреналовой системы:

1. У пациентов с АГ 2 степени выявлены признаки вегетативной дисфункции с преобладанием симпатических влияний на ритм сердца, проявляющиеся увеличением ЧСС, ИН и снижением показателей ВСР в покое по сравнению с больными АГ 1 степени.
2. Ортостатическая реакция при АГ 2 степени характеризуется чрезмерной активацией симпатoadреналовых механизмов и сосудодвигательного центра, что отражает низкие адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы. У пациентов с АГ 1 степени ортостатическая проба вызывает умеренное повышение симпатического тонуса и снижение вагусных влияний, свидетельствуя о сохранности вегетативной реактивности.
3. Женщины с АГ, особенно 2 степени, отличаются большим преобладанием симпатических влияний на ритм сердца и меньшей вариабельностью ритма в сравнении с мужчинами, что указывает на более низкие адаптационные резервы женского организма при повышении АД.
4. Анализ ВСР и ортостатической реактивности позволяет выявить особенности вегетативной регуляции сердечного ритма и адаптационный потенциал сердечно-сосудистой системы у пациентов с АГ разной степени и может использоваться для оптимизации лечебно-профилактических мероприятий и снижения риска сердечно-сосудистых осложнений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине / Р.М. Баевский // Физиология человека. 2002. Т.28, №2. С.70–82.
2. Аль-Шаммари М.Я.И. Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма у студентов-иностранцев / М.Я.И. Аль-Шаммари // Научный результат. 2016. № 2 (3). С. 26–31.
3. Бабунц И.В. / Азбука анализа вариабельности сердечного ритма / И.В. Бабунц, Ю.А. Мираджанян, Э.М. Машаех. Ставрополь. 2002. 112 с.
4. Горст В.Р. Формирование ритма сердца и адаптационные возможности организма при различных функциональных состояниях: дис. ... доктора биологических наук: 03.00.13 / Горст Виктор Рудольфович. Астрахань, 2009. 230 с.
5. Кулаичев А.П. Статистическое исследование диагностической информативности показателей вариабельности сердечного ритма / А.П. Кулаичев // Функциональная диагностика. 2012. № 1. С. 56–64.
6. Лоскутова А.Н. Влияние ортостатической пробы на перестройки вариабельности кардиоритма у аборигенов Магаданской области / А.Н. Лоскутова, А.Л. Максимов // Росс. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2014. № 100 (9). С. 1098–1112.
7. Максимов А.Л. Особенности гемодинамики и вариабельности сердечного ритма у юношей-европеоидов при проведении активной ортостатической пробы / А.Л. Максимов, И.В. Аверьянова // Экология человека. 2021. №1. С. 22–31.
8. Морозова Д.О. Взаимосвязь состояния вегетативной нервной системы и уровня стресса у студентов Кировского ГМУ / Д.О. Морозова // Вятский медицинский вестник. 2022. № 75 (3). С. 41–44.
9. Николаева Т.М. Влияние физической нагрузки на вариабельность сердечного ритма при умственной деятельности в зависимости от реактивности симпатических центров у студентов / Т.М. Николаева, Е.К. Голубева, Л.Л. Ярченкова // Современные вопросы биомедицины. 2024. № 8 (2). С. 1–8.
10. Новоселова А.А. Оценка функциональных резервов организма первокурсников северного педагогического вуза по результатам ортостатической пробы / А.А. Новоселова, А.А. Говорухина // Журнал медико-биологических исследований. 2022. № 10 (4). С. 317–328.
11. Снежицкий В.А. Методические аспекты проведения ортостатических проб для оценки состояния вегетативной нервной системы и функции синусового узла / В.А. Снежицкий // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2006. № 1. С. 3–6.
12. Шлык Н.И. Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов / Н.И. Шлык. 2009. Ижевск. 259 с.

© Ступин Виктор Олегович (neverforgettoday@bk.ru); Трясучев Андрей Валерьевич (tryandval@mail.ru);

Курьянова Евгения Владимировна (replyconf@yandex.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»