

## ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ В ГОДИЧНОМ ЦИКЛЕ ПОДГОТОВКИ

Работа посвящена изучению вариабельности сердечного ритма у спортсменов в процессе годичной подготовки. Установлено, что состояние легкоатлетов характеризуется оптимальным функциональным напряжением регуляторных систем организма, пловцов – умеренным, а контрольной группы – сильным на протяжении года. Кроме того, выявлено, что более сильное напряжение регуляторных систем организма у всех обследуемых проявлялось в зимний период года.

Человеческий организм представляет собой надежную биологическую систему, обладающую большими возможностями приспосабливаться к окружающей среде, в том числе к значительным физическим нагрузкам, какими изобилует современный спорт [7, 8, 9]. Для циклических видов спорта адаптация сердечно-сосудистой системы к тренировочным и соревновательным нагрузкам является фактором, лимитирующим рост спортивного результата. Несмотря на постоянный интерес исследователей к этой проблеме до настоящего времени нет достаточных данных, позволяющих оценить значение адаптационных сдвигов в деятельности сердечно-сосудистой системы спортсмена в различные периоды подготовки для разных видов спорта [1].

Измерение средней частоты сокращений сердца не позволяет оценить состояние отдельных звеньев системы вегетативной регуляции организма. Статистический анализ с элементами вероятностного подхода выявляет закон распределения случайного процесса, каким является ритм сердца и позволяет охарактеризовать его количественно с различных сторон [2, 4, 5]. Математическое обеспечение методов исследования направлено на получение меры изменчивости ритма сердца при различных физиологических состояниях организма. Сущностью этого метода является то, что синусный узел сердца рассматривают не только как центр автоматии первого порядка, но и как индикатор более высоких уровней управления. В результате такого подхода открывается путь к оценке адаптационно-компенсаторных реакций целостного организма по данным анализа ритма сердца. Поэтому выявление наиболее информативных индикаторов функционального состояния и развертывания адаптивных процессов спортсменов является актуальным.

Цель работы явилось изучение вариабельности сердечного ритма у спортсменов в процессе годичной подготовки.

**Материалы и методы исследования.** Обследование спортсменов (56 пловцов и 49 легкоатлетов) с высоким уровнем спортивной квалификации (КМС–МС) в пределах годичного цик-

ла подготовки проводилось в четыре этапа: 1-й этап – переходный период (сентябрь-октябрь); 2-й этап – начало подготовительного периода (декабрь-январь); 3-й этап – конец подготовительного периода (март-апрель); 4-й этап – начало соревновательного периода (май-июнь). Контрольную группу составили 52 человека не занимающихся спортом, в возрасте 18-24 лет, прошедших медицинское обследование и признанных практически здоровыми.

Для оценки процессов вегетативной регуляции сердечной деятельности у обследуемых использовали математический метод анализа вариабельности сердечного ритма в покое и при активной ортостатической пробе.

Метод вариационной пульсометрии позволяет регистрировать сдвиги нейрогуморального равновесия, степень участия симпатического и парасимпатического, нервного и гуморального звеньев в регуляции ритма сердечных сокращений, степень централизации его управления. Характер регуляции имеет индивидуальные особенности и зависит от возраста, пола, тренированности организма, силы и характера внешнего воздействия [10, 11].

Вычислялись и оценивались следующие показатели: мода ( $M_0$ , с); амплитуда моды ( $AM_0$ ,%), вариационный размах динамического ряда R-R интервалов ( $\Delta X$ , с), индекс напряжения (ИН, усл. ед.); индекс вегетативного равновесия (ИВР, усл. ед.); вегетативный показатель ритма (ВПР, усл. ед.); показатель адекватности процессов регуляции (ПАРП, усл. ед.).

**Результаты исследования.** Сравнительный анализ характеристик математического анализа вариабельности сердечного ритма (табл. 1) у всех обследованных в покое показал, что максимальные значения  $M_0$ ,  $\Delta X$  приходятся на начало соревновательного периода, а  $AM_0$ , ИН, ИВР, ПАРП и ВПР – на начало подготовительного периода. У спортсменов на протяжении года достоверно выше значения  $M_0$  и  $\Delta X$ , а у лиц не занимающихся спортом –  $AM_0$ , ИН, ИВР, ПАРП и ВПР ( $p < 0,001$ ). При этом у пловцов значения  $M_0$  и  $\Delta X$  выше, чем у легкоатлетов, а значения  $AM_0$ , ИН, ИВР, ПАРП и ВПР

выше у легкоатлетов, чем в пловцов ( $p < 0,05$ ). Следовательно, увеличение  $\Delta X$  у пловцов на протяжении года можно рассматривать как смещение вегетативного баланса в сторону усиления активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, а также как стабилизацию регуляторных процессов.

Как известно, вариационный размах отражает диапазон колебаний кардиоинтервалов и степень активности автономного контура регуляции сердечного ритма, а также характеризует тонические парасимпатические влияния на синусный узел, поскольку влияние блуждающих нервов на дыхательные изменения суточного ритма обычно преобладают над недыхательными, обусловленными активностью подкорковых центров [11].

На величине вариационного размах сказываются соотношения активности центральных и автономных механизмов регуляции. У пловцов выявлена более сильная ваготония (особенно на 4-м этапе) и выраженность дыхательных волн и дыхательной аритмии (особенно на 2-м этапе), что свидетельствует о большей активности автономного контура регуляции со сдвигом в парасимпатическую сторону на протяжении года, по сравнению с легкоатлетами и контрольной группой. При этом установлены более низкие значения ВПР и ПАПР у них, по сравнению с другими группами ( $p < 0,05$ ).

Анализ полученных данных показал, что среднегодовые значения ИН у спортсменов находятся в пределах 45–50 усл. ед., поэтому обнаруженные особенности позволяют признать наличие у них ваготонического типа регуляции, а также наблюдается оптимальное взаимодействие регуляторных механизмов. Это, а также брадикардия и развитие гиперфункции и гипертрофии особенно левого желудочка, связано с оптимизацией и экономизацией вегетативных функций у спортсменов [1].

Таким образом, для спортсменов высокого класса, особенно пловцов, в покое характерной особенностью является преобладание парасимпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции ритма сердца и гуморальный путь центральной стимуляции, по сравнению с контрольной группой. В зимний период у обследуемых наблюдается увеличение напряжения механизмов центральной регуляции, т. е. достоверное повышение значений индекса напряжения. Однако в целом состояние регуляторных механизмов управления кардиоритмом в покое у спортсменов высокой квалификации позволяет констатировать высокую степень экономизации вегетативных реакций, что является закономерным результатом дол-

говременных тренировочных воздействиях в процессе годичного цикла подготовки.

Ортостатическая проба является одним из информативных методов выявления скрытых изменений со стороны сердечно-сосудистой системы и механизмов ее регуляции [3].

Особенный интерес представляет применение ортостатического тестирования у спортсменов циклических видов спорта, поскольку с одной стороны важна простота и высокая информативность метода, с другой стороны проведение этой пробы служит для оценки особенностей регуляции сердца при проведении тренировочного процесса в процессе годичного цикла подготовки квалифицированных спортсменов, а также для прогнозирования готовности к соревновательной деятельности.

Как известно, в видах спорта с циклической структурой движений, требующих высокого уровня специальной выносливости, главным фактором ограничения специальной работоспособности является адаптационная возможность сердечно-сосудистой системы спортсмена, потому чаще других используются методы изучения сердечного ритма как в покое, так и при функциональных пробах, особенно, активной ортостатической пробе [10].

Результаты статистического анализа показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов при выполнении активной ортостатической пробы приведены в таблице 2. Как видно из представленных данных у всех обследуемых реакция механизмов управления сердеч-

Таблица 1. Динамика показателей вариационной пульсометрии у обследуемых в покое ( $M \pm m$ )

| Показатели       | Группы | Этапы годичного цикла подготовки |              |             |                |
|------------------|--------|----------------------------------|--------------|-------------|----------------|
|                  |        | 1-й этап                         | 2-й этап     | 3-й этап    | 4-й этап       |
| Mo, с            | 1      | 1,022±0,008                      | 1,003±0,010  | 1,075±0,014 | 1,100±0,011*** |
|                  | 2      | 0,957±0,008                      | 0,882±0,013  | 0,945±0,010 | 0,993±0,012*** |
|                  | 3      | 0,845±0,007                      | 0,780±0,008  | 0,848±0,009 | 0,876±0,007*** |
| $\Delta R-R$ , с | 1      | 0,382±0,009                      | 0,315±0,011  | 0,368±0,007 | 0,410±0,012*** |
|                  | 2      | 0,352±0,010                      | 0,297±0,008  | 0,366±0,009 | 0,387±0,011*** |
|                  | 3      | 0,236±0,006                      | 0,214±0,007  | 0,225±0,005 | 0,283±0,008**  |
| AMo, %           | 1      | 34,8±0,6                         | 41,6±0,8***  | 30,1±0,5    | 26,5±0,8       |
|                  | 2      | 35,3±0,5                         | 39,5±0,6***  | 34,1±0,4    | 29,2±0,5       |
|                  | 3      | 38,4±0,8                         | 48,4±0,9***  | 40,8±0,6    | 36,1±0,7       |
| ИН, усл. ед.     | 1      | 45,8±2,4                         | 64,9±2,7***  | 39,9±1,3    | 33,4±1,1       |
|                  | 2      | 52,4±1,9                         | 71,1±3,2***  | 49,0±2,1    | 38,5±1,7       |
|                  | 3      | 96,3±3,1                         | 145,8±4,8*** | 106,9±3,4   | 72,8±2,8       |
| ИВР, усл. ед.    | 1      | 96,3±2,3                         | 145,8±4,1*** | 83,5±2,8    | 71,3±2,6       |
|                  | 2      | 100,3±3,4                        | 125,4±2,8*** | 92,7±3,3    | 76,5±2,3       |
|                  | 3      | 162,7±4,1                        | 226,2±5,9*** | 181,3±4,6   | 127,6±3,4      |
| ПАПР, усл. ед.   | 1      | 34,1±0,8                         | 42,2±1,2***  | 28,3±0,5    | 25,1±1,0       |
|                  | 2      | 36,9±1,1                         | 44,8±1,5***  | 36,1±0,8    | 29,8±1,2       |
|                  | 3      | 45,4±1,9                         | 62,9±2,8***  | 48,2±2,1    | 41,7±1,5       |
| ВПР, усл. ед.    | 1      | 2,62±0,07                        | 3,44±0,11*** | 2,64±0,08   | 2,37±0,06      |
|                  | 2      | 3,10±0,09                        | 3,66±0,12*** | 2,93±0,04   | 2,65±0,05      |
|                  | 3      | 4,96±0,11                        | 5,99±0,16*** | 5,24±0,12   | 4,03±0,09      |

Примечание: 1 – пловцы; 2 – легкоатлеты; 3 – контрольная группа. Достоверные отличия \*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

ным ритмом при ортопробе проявляется в усилении влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы, особенно на 2-м этапе подготовки у спортсменов и весной – у лиц не занимающихся спортом.

Сравнительный анализ изменений ЧСС при ортопробе показал, что у обследуемых контрольной группы наблюдался самый высокий прирост ЧСС в весенний период года ( $p < 0,001$ ), а у спортсменов – зимний. При этом прирост ЧСС у пловцов на протяжении года достоверно выше, чем у легкоатлетов ( $p < 0,01$ ).

Анализ сердечного ритма при ортопробе показал, что у всех обследуемых отмечается уменьшение абсолютных значений вариационного размаха и увеличение АМо, ВПР, ИВР, ПАПР и ИН, особенно, у контрольной группы, что вероятнее всего связано с высокой активностью у них высших вегетативных центров. Самый высокий прирост ИН наблюдался в группе контроля в зимний период года ( $p < 0,001$ ). Величина ИН в данном случае свидетельствует о перенапряжении регуляторных систем [2], а значения ИВР и ВПР говорят о значительном преобладании влияния симпатического звена на регуляцию сердечного ритма у обследуемых контрольной группы.

Выявленные особенности отражают состояние гиперсимпатикотонии и перенапряжения центральных механизмов управления в данной группе. Наличие гиперсимпатикотонии подтверждают и более высокие значения ПАПР у них. Прирост ИН у пловцов достоверно выше только на протяжении первых трех периодов подготовки, а у легкоатлетов – в начале соревновательного периода ( $p < 0,05$ ). В данном случае величина ИН, отражающая степень напряжения центральных регуляторных механизмов сердечного ритма в группе спортсменов на протяжении года выходила за условные границы нормы и находилась в зоне адаптации [3]. Выявленные низкие значения ВПР, ИВР и ПАПР в начале соревновательного периода у пловцов

в данном случае могут быть обусловлены тем, что активация более высоких уровней управления тормозит симпатотоническую реакцию на ортопробу. Возможно, именно благодаря повышенной активности высших вегетативных центров у них отмечается относительно более низкая сосудистая реактивность.

Таким образом, сравнительный анализ вариационной пульсометрии выявил различную степень напряжения механизмов регуляции сердечно-сосудистой системы у обследуемых, что указывает на особенности течения адаптивных реакций организма в годичном цикле тренировки. Так, состояние легкоатлетов характеризовалось оптимальным функциональным напряжением регуляторных систем, пловцов – умеренным, а контроль – сильным, особенно зимой, что может быть обусловлено не только хронобиологическим фактором, но и физиологическими особенностями организма человека.

Таблица 2. Динамика показателей вариационной пульсометрии у обследуемых при активной ортопробе ( $M \pm m$ )

| Показатели     | Группы | Этапы годичного цикла подготовки |              |             |                |
|----------------|--------|----------------------------------|--------------|-------------|----------------|
|                |        | 1-й этап                         | 2-й этап     | 3-й этап    | 4-й этап       |
| Мо, с          | 1      | 0,750±0,011                      | 0,681±0,008  | 0,782±0,011 | 0,862±0,009*** |
|                | 2      | 0,715±0,008                      | 0,652±0,007  | 0,736±0,009 | 0,833±0,008*** |
|                | 3      | 0,615±0,009                      | 0,590±0,006  | 0,609±0,007 | 0,675±0,009*** |
| ΔR-R, с        | 1      | 0,262±0,004                      | 0,207±0,002  | 0,217±0,004 | 0,271±0,010*** |
|                | 2      | 0,249±0,005                      | 0,201±0,004  | 0,236±0,006 | 0,269±0,009*** |
|                | 3      | 0,198±0,006                      | 0,182±0,003  | 0,196±0,004 | 0,229±0,008*** |
| АМо, %         | 1      | 38,4±1,1                         | 46,6±1,4***  | 42,5±1,6    | 33,3±0,9       |
|                | 2      | 37,6±1,5                         | 41,8±1,1**   | 38,9±1,2    | 36,7±1,1       |
|                | 3      | 43,6±1,4                         | 51,8±1,5***  | 48,8±1,3    | 40,5±1,2       |
| ИН, усл. ед.   | 1      | 115,8±4,7                        | 171,1±5,8*** | 137,5±8,1   | 70,8±3,3       |
|                | 2      | 105,6±3,1                        | 159,5±4,7*** | 106,2±5,3   | 82,2±2,8       |
|                | 3      | 172,0±5,8                        | 237,0±7,1*** | 200,7±6,7   | 128,2±4,5      |
| ИВР, усл. ед.  | 1      | 145,8±4,4                        | 219,2±4,9*** | 193,1±6,7   | 121,4±4,8      |
|                | 2      | 151,0±3,9                        | 208,5±7,4*** | 165,4±4,9   | 136,6±3,7      |
|                | 3      | 220,2±5,9                        | 284,6±7,5*** | 249,3±8,3   | 176,9±6,6      |
| ПАПР, усл. ед. | 1      | 59,1±1,7                         | 77,9±1,8***  | 61,5±2,6    | 36,6±1,1       |
|                | 2      | 52,6±1,2                         | 64,1±1,7***  | 50,1±1,4    | 38,1±1,2       |
|                | 3      | 68,1±1,4                         | 86,3±2,9***  | 78,7±3,1    | 57,8±1,9       |
| ВПР, усл. ед.  | 1      | 5,26±0,15                        | 7,24±0,17*** | 5,97±0,14   | 4,31±0,13      |
|                | 2      | 5,62±0,19                        | 7,63±0,22*** | 5,76±0,18   | 4,45±0,14      |
|                | 3      | 7,89±0,25                        | 9,15±0,49*** | 8,23±0,97   | 6,23±0,47      |

Примечание: Обозначения как в табл. 1.

**Список использованной литературы:**

- Амосов Н.М., Бендет А.Я. Физическая активность и сердце. – Киев : Здоров'я, 1989. – 214 с.
- Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
- Баевский Р.М., Берсенев А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. –М.: Медицина, 1997. –237 с.
- Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма в условиях космического полета. // Физиология человека. –2002. –Т. 28, №1. –С. 55-58.
- Бальсевич В.К. Перспективы развития общей теории и технологий спортивной подготовки и физического воспитания. // Теор. и практ. физ. культ. –1999. №3. –С. 21-40.
- Вегетативные расстройства. Клиника, диагностика, лечение. /Под ред. А.М. Вейна. –М.:МИА, 1998. –675 с.
- Матвеев Л.П. Основы общей теории спорта и системы подготовки спортсменов. –Киев: Олимпийская литература, 1999. –320 с.
- Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте. –Киев: Олимпийская литература, 1997. –584 с.
- Радзиевский А., Приймаков А., Олешко В., Яцрмин Н. О накоплении, расходовании и перераспределении функциональных резервов в организме человека. // Наука в олимпийском спорте. –2002. №3-4. –С. 23-28.
- Ритм сердца у спортсменов. /Под ред. Р.М. Баевского и Р.Е. Мотылянской. –М.: Физкультура и спорт, 1986.
- Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Вариабельность ритма сердца. –М.: Изд-во «Оверлей», 2001.
- Шпак Л.В. Кардиоинтервалография и ее клиническое значение. –Тверь: Изд-во «Фактор», 2002.