

**ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ЛЕГКОАТЛЕТОВ  
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ГОДОВОГО ЦИКЛА  
СПОРТИВНОЙ ПОДГОТОВКИ**

**Е.П. ГОРБАНЁВА,**  
*ВолгГМУ Минздрава России,  
г. Волгоград, Россия;*  
**В.С. БАКУЛИН,**  
*ВГАФК, г. Волгоград, Россия;*  
**Ю.В. РЯБЧУК,**  
*ВолгГМУ Минздрава России,  
г. Волгоград, Россия;*  
**В.С. КАЙДАЛИН,**  
*СШОР по легкой атлетике,  
г. Волгоград, Россия*

**Аннотация**

Своевременный контроль функционального состояния организма спортсмена и оценка его адаптационно-резервных возможностей в тренировочном процессе на сегодняшний день являются актуальной необходимостью в связи с ростом напряженности тренировочной деятельности в условиях жесткой спортивной конкуренции. Были обследованы 9 квалифицированных спортсменов-легкоатлетов-спринтеров в возрасте 15–22 лет. Исследование variability сердечного ритма (ВСР) проводилось с помощью аппаратно-программного комплекса «Варикард». Проведены индивидуальные исследования ВСР спортсменов на четырех этапах годового тренировочного процесса. Определены индивидуальные типологические особенности кардиорегуляции при адаптации к физическим нагрузкам, а также качество восстановительных процессов по направленности изменений параметров ВСР при ортостазе; дана оценка эффективности тренировочных программ по уровню напряженности регуляторных механизмов организма спортсменов с применением интеркорреляционного анализа параметров ВСР. Выявленная нестабильность типов регуляции сердечного ритма у спортсменов в годичном цикле тренировок, а также различные варианты вегетативной реактивности организма спортсменов при ортостазе в ответ на тренирующие воздействия подчеркивают значимость и необходимость индивидуального подхода к построению процесса спортивной подготовки легкоатлетов. Интенсификация тренировочного процесса на этапах годичного цикла подготовки сопровождается повышением напряженности регуляторных механизмов адаптации организма у спортсменов-легкоатлетов обследованной группы.

**Ключевые слова:** variability сердечного ритма, тренировочный процесс, спортсмены-легкоатлеты, тип регуляции сердечного ритма, регуляторные механизмы.

**TYPOLOGICAL FEATURES  
OF THE REGULATION OF THE HEART RATE OF ATHLETES  
AT VARIOUS STAGES OF THE ANNUAL CYCLE  
OF SPORTS TRAINING**

**E.P. GORBANYOVA,**  
*VSMU of the Ministry of Health of Russia, Volgograd city, Russia;*  
**V.S. BAKULIN,**  
*VGAFK, Volgograd city, Russia;*  
**Yu.V. RYABCHUK,**  
*VSMU of the Ministry of Health of Russia, Volgograd city, Russia;*  
**V.S. KAYDALIN,**  
*Athletics School, Volgograd city, Russia*



**Abstract**

*Timely dynamic monitoring of the functional state of the athlete's body and assessment of his adaptive and reserve capabilities in the training process today is an urgent necessity due to the growing intensity of training activities in the face of fierce sports competition. Materials and methods: 9 qualified athletes-athletes aged 15–22 years were examined. A study of heart rate variability (HRV) was used using the Varicard hardware and software complex. Results: individual dynamic studies of HRV of athletes at four stages of the annual training process were carried out; individual typological features of cardioregulation during adaptation to physical exertion, as well as the instability of recovery processes in terms of variability of the variation range (MxDMn) have been established; an assessment of the effectiveness of training programs by the degree of intensity of the regulatory mechanisms of the athletes' body is given on the basis of an intercorrelation analysis of HRV parameters. Conclusions: the revealed different types of heart rate regulation and the levels of reactivity of the athletes' body to training effects emphasize the importance of an individual approach in the construction of the training process.*

**Keywords:** heart rate variability, training process, athletes, type of heart rate regulation, regulatory mechanisms.

**Введение**

Современный спорт характеризуется высокой конкуренцией спортивных результатов и ростом напряженности тренировочной деятельности. В этой связи при спортивной подготовке необходимо особое внимание уделять планомерному совершенствованию функциональной подготовленности организма спортсменов, особенно при стремлении достигнуть в короткие сроки высоких спортивных результатов. Это в свою очередь невозможно без систематического функционального контроля тренировочного процесса каждого спортсмена. Использование метода анализа variability сердечного ритма (ВСР) общепризнано является одним из эффективных и прогностических подходов к оценке текущей тренированности спортсмена. Таким образом, выявление типов вегетативной регуляции сердечного ритма и напряженности механизмов регуляции в спортивной практике является неотъемлемой частью оценки функционального состояния организма спортсмена, его индивидуальных адаптивных и резервных возможностей, а также функциональной подготовленности для успешной реализации специфической соревновательной деятельности [4–6].

**Цели и задачи исследования:** определить тип регуляции сердечного ритма и выявить индивидуальные особенности реакции организма спортсменов на тренировочную нагрузку, сформулировать практические рекомендации по организации тренировочного процесса.

**Методика исследования**

В исследовании приняли участие 9 спортсменов-легкоатлетов (3 юношей и 6 девушек, возраст 15–22 года) спринтерских дистанций на 100–400 м различной квалификации (МС, I р., II р., б/р). Данные для изучения особенностей сердечного ритма регистрировались аппаратно-программным комплексом «Варикард». Запись 5-минутной ритмограммы проводилась в утреннее время, в состоянии относительного покоя, в положении «лёжа» и ортостазе на 4 этапах годичной спортивной подготовки (1 – общеподготовительный, 2 – специально-подготовительный, 3 – предсоревновательный, 4 – соревновательный). Все спортсмены осуществляли процесс

подготовки у одного тренера, занимаясь в одной группе. Для выяснения влияния тренировочных программ в ходе спортивной подготовки анализировались как индивидуальные параметры ВСР легкоатлетов, так и общегрупповой массив с применением интеркорреляционного метода, позволяющего установить тесноту взаимосвязи регуляторных механизмов и оптимальность адаптационных процессов в зависимости от тяжести физических нагрузок [2].

**Результаты исследования и их обсуждение**

На каждом этапе спортивной подготовки были определены типы регуляции сердечного ритма (СР) обследуемых спортсменов, а также варианты реакции на ортостаз, согласно рекомендациям Н.А. Шлык (2009, 2020), по величине показателей: *SI* (стресс-индекса или индекса напряжения); *VLF* (мощности «очень» низкочастотной составляющей спектра), а также с учетом значений *MxDMn* (вариационного размаха) и суммарной мощности спектра ВСР (*TP*). В ходе анализа изучаемых показателей было установлено, что они имеют у каждого спортсмена отличающуюся динамику на этапах обследования, тем самым указывая на индивидуальный характер мобилизации регуляторных механизмов управления функциональным состоянием спортсменов при физических нагрузках и подтверждая необходимость персонализированного рассмотрения результатов исследования [7].

В этой связи был проведен индивидуальный анализ сердечного ритма спортсменов с выяснением типа вегетативной регуляции и ее сбалансированности в тренировочном процессе. Так, у *1-й спортсменки (мастера спорта)* на 3-м и 4-м этапах спортивной подготовки, на основании критериев экспресс-оценки типологических особенностей ВСР выявлен I тип регуляции сердечного ритма, характеризующийся умеренным преобладанием симпатической и центральной регуляции сердечного ритма, снижением активности автономного контура регуляции, умеренным напряжением регуляторных систем организма. В период интенсификации нагрузки (на 2 этапе) регуляция осуществлялась по второму типу, то есть наблюдался переход на центральный контур регуляции, увеличение вклада надсегментарных гипоталамических влияний на метаболические процессы и пси-



хоэмоциональное напряжение,  $SI$  составил 388 у.е. При этом сохранялись и вагусные влияния, обеспечивающие торможение и накопление резервов при восстановлении. В общей мощности спектра ( $TP = 819 \text{ мс}^2$ ) практически равнозначно присутствовали основные три вида частот ( $LF - 38,7\%$ ;  $HF - 34,5\%$ ;  $VLF - 26,8\%$ ), что свидетельствует об активации всех уровней регуляции в период роста тренированности в процессе подготовки [4]. Наилучшее функциональное состояние сформировалось к заключительному соревновательному старту. На 4 этапе большинство показателей ВРС находились в оптимальной зоне нормы. К этому этапу, при сохранении I типа регуляции,  $SI$  снизился до 149 у.е., повысился показатель вариационного размаха ( $MxDMn$ ), в структуре спектра было преобладание высокочастотных парасимпатических волн ( $HF - 56,8\%$ ). Анализ сердечного ритма в ортостазе на всех 4 этапах обследования выявил преимущественно оптимальный вариант вегетативной реактивности (характерно увеличивались ЧСС и  $SI$ , уменьшались показатели  $MxDMn$ ,  $TP$ ,  $HF$ ,  $LF$ ,  $VLF$ ). Исключение составил параметр  $VLF$ , который на 2-м и 4-м этапах в ортостазе увеличивался, являясь индикатором появления напряженности адаптации сердечной деятельности в периоды увеличения объема и интенсивности физических и эмоциональных нагрузок этих этапов подготовки, что потребовало внимания к качеству восстановления. В итоге спортивный результат был улучшен. Таким образом, можно констатировать адекватность и достаточность применяемых объемов и интенсивности тренировочных нагрузок.

У 2-й спортсменки (II разряд) на протяжении всех этапов выявлен преимущественно IV тип регуляции сердечного ритма, характеризующийся выраженной парасимпатической активностью и доминированием автономного контура регуляции сердечным ритмом. Наиболее стабильное состояние организма и механизмов регуляции выявлено на 3-м этапе. На фоне сохраняющейся преимущественно автономной регуляции сердечной деятельностью наблюдалось снижение величины показателя  $VLF$ , т.е. психоэмоционального напряжения и гуморально-гормональной активности. На 4-м этапе зарегистрирован IV тип регуляции сердечного ритма с выраженным преобладанием ваготонии, резким снижением  $SI$  (14,6 у.е.), увеличением  $TP$  до  $45\ 344 \text{ мс}^2$ , что может быть связано с состоянием перетренированности, энергодефицитом, утомлением, кроме того, с признаками аритмии и нарушения автоматизма синусового узла. В ортостазе выявлялся вариант гиперреакции при каждом обследовании. Отмечалось выраженное уменьшение спектральных показателей, увеличение  $SI$  и снижение ЧСС. В этом случае обращалось внимание на неадекватность тренировочных физических и психологических нагрузок, которые ведут к истощению функциональных резервов, что и послужило причиной ухудшения спортивной результативности. Спортсменке рекомендовалось углубленное медицинское обследование [6].

3-я спортсменка (I разряд) первый этап тренировочного процесса начала с IV типом вегетативной регуляции сердечного ритма (ЧСС = 56 уд./мин,  $SI = 28,5$  у.е.,  $VLF = 2637 \text{ мс}^2$ ,  $MxDMn = 700 \text{ мс}^2$ ,  $TP = 7518 \text{ мс}^2$ ,  $pNN50 - 34,2\%$ ,

$AMo - 32,9\%$ ,  $LF - 32,6\%$ ;  $VLF - 35,1\%$ ;  $HF - 32,3\%$ ). Вместе с тем на 2-м и 3-м этапах наращивания спортивной формы наблюдались активные корректирующие влияния со стороны симпатической регуляции, а также повышение активности гипоталамо-гипофизарной системы в регуляции сердечным ритмом. Установлены: сравнительное повышение  $SI$  (72,1 у.е.; 87,9 у.е.); снижение вариационного размаха ( $350 \text{ мс}^2$ ;  $310 \text{ мс}^2$ ); повышение амплитуды моды (37,6%; 46,4%); снижение общей мощности спектра ( $4144 \text{ мс}^2$ ;  $3021 \text{ мс}^2$ ); повышение процента  $LF$ -волн (55,2%; 50,7%); уменьшение  $HF$  (20%; 15,5%). То есть в период интенсификации физических и эмоциональных нагрузок наблюдалось торможение вагусных влияний на ритм сердца и активация центрального контура регуляции. Тем самым наблюдался переход в III тип регуляции сердечного ритма. В ортостазе на 1-м и 2-м этапах был оптимальный вариант вегетативной реактивности. А вот на 3-м этапе, когда должна была формироваться устойчивая адаптация, установлены отклонения от нормальной реакции на ортостатическую пробу, являющиеся признаками неполноценного восстановления организма. Наблюдалось: повышение  $MxDMn$  (с 310 до  $515 \text{ мс}^2$ );  $TP$  (с 3021 до  $3799 \text{ мс}^2$ );  $VLF$  (с 1021 до  $2215 \text{ мс}^2$ );  $HF$  (с 469 до  $717 \text{ мс}^2$ ) и снижение  $SI$  (с 87,9 до 85,2 у.е.). При этом величина  $LF$  снижалась (с 1531 до  $867 \text{ мс}^2$ ), а ЧСС возрастала (с 78 до 95 уд./мин). На 4-м этапе обследования функциональное состояние характеризовалось в ортостазе оптимальным вариантом реактивности, а в положении «лёжа» – повышением вклада автономного контура в регуляцию сердечной деятельности, снижением  $SI$  (46 у.е.). Однако сохранялась повышенная центральная и нейрогуморальная активность, вероятно, обусловленная эмоциональным фактором соревновательного периода, а также перерывами в тренировочном процессе из-за травм. Спортивный результат ухудшился.

У 4-й спортсменки (III разряд) в начале тренировочного макроцикла был установлен IV тип регуляции с очень низким значением  $SI$  (2,7 у.е.). Наблюдалось выраженное преобладание парасимпатической активности ( $LF - 25,9\%$ ;  $VLF - 4,6\%$ ;  $HF - 69,4\%$ ), сопровождающееся признаками дисфункции синусового узла с риском нарушения автоматизма ритма сердца. Данная ситуация возможна из-за резкого и продолжительного перерыва в тренировочной деятельности, что имелось у данной спортсменки. Реакция на ортостаз соответствовала оптимальному варианту. Стимулирующие воздействия тренировочного процесса на втором этапе способствовали переходу в III тип вегетативной регуляции благодаря активации центральных симпатических и гипоталамических влияний, на что указывает снижение величины  $MxDMn$ , увеличение  $AMo$  и изменение волновой структуры спектра ( $LF - 47,4\%$ ;  $VLF - 34,0\%$ ;  $HF - 18,6\%$ ). Стресс-индекс  $SI$  составил 97,5 у.е., характеризуя оптимальное напряжение регуляторных механизмов. Однако в ортостазе выявилась парадоксальная вегетативная реактивность – существенно увеличались спектральные показатели ( $MxDMn$ ,  $TP$ ,  $LF$ ,  $HF$ ,  $VLF$ ) и снизился до 33,7 у.е. стресс-индекс. На 3-м этапе подготовки регуляторные механизмы были направлены на формирование



устойчивой адаптации благодаря тому, что увеличился вклад парасимпатической ВНС в суммарный эффект регуляции (в сочетании с умеренной активностью симпатического звена регуляции) и снизился катаболический метаболизм. Это отразилось в волновой структуре спектра ритмограммы:  $LF - 26,7\%$ ;  $VLF - 26,3\%$ ;  $HF - 47\%$ . Стресс-индекс снизился до 25 у.е. При этом оптимизировалась и реакция на ортостаз, спектральные показатели характерно снижались, увеличивались  $SI$  и  $ЧСС$ . На соревновательном этапе функциональное состояние характеризовалось активацией центрального контура регуляции с признаками вегетативного дисбаланса на фоне умеренного напряжения регуляторных механизмов,  $SI$  (147 у.е.) и мобилизации гормонально-гуморального звена регуляции. Признаки неустойчивости функционального состояния вновь проявились в парадоксальном варианте вегетативной реактивности в ортостазе: значимые спектральные показатели повышались,  $SI$  снизился до 111 у.е., а  $ЧСС$  повысилась с 68 до 69 уд./мин. Тем не менее соревновательная результативность улучшилась, вероятно, за счет положительных структурно-функциональных перестроек предыдущего этапа, однако функциональное состояние указывает на опасность срыва адаптации.

На первом этапе подготовки у 5-й спортсменки (II разряд) были установлены преобладание парасимпатической регуляции (IV тип,  $SI = 36,9$  у.е.) и умеренная метаболическая активность с тонизирующими симпатическими влияниями ( $HF - 56,9\%$ ;  $VLF - 10,8\%$ ;  $LF - 32,3\%$  при  $TP = 49\,672$   $мс^2$ ). На 2-м этапе увеличение интенсивности и объемов тренировочной нагрузки привели к смещению контура регуляции в сторону центральных гуморально-гормональных влияний, повышающих катаболическую метаболическую активность. При этом вегетативные влияния как симпатические, так и парасимпатические уменьшились ( $HF - 40,8\%$ ;  $VLF - 30,4\%$ ;  $LF - 28,7\%$ ). Тем самым произошла мобилизация резервов и адекватная стресс-реакция на тренирующие воздействия.  $SI$  составил 139 у.е., а такие показатели, как:  $MxDMn$ ,  $TP$  и  $AMo$  стали соответствовать уровню диапазона вегетативной регуляции, характерного для I типа. К 4-му этапу исследований (соревновательный период) наблюдалось изменение соотношения регуляторных механизмов в сторону выраженной ваготонии. И хотя  $SI$  составлял 61 у.е., остальные параметры существенно отличались от условий оптимального влияния автономного контура регуляции ( $VLF = 5011$   $мс^2$ ,  $MxDMn = 810$   $мс^2$ ,  $TP = 42\,037$   $мс^2$ ,  $pNN50 - 71,3\%$ ,  $HF - 58,3\%$ ). При этом реакция на ортостаз на всех этапах обследования соответствовала оптимальному варианту. С одной стороны, такая динамика характерна для роста спортивной тренированности, что сначала обеспечило повышение спортивного результата. Но с другой стороны, может привести к нарушению автоматизма синусового узла, развитию аритмии, слабости синусового узла. Поэтому наращивание функциональной подготовленности у данной спортсменки должно сочетаться с периодами, когда уровень физических нагрузок позволяет сформировать

устойчивую адаптацию с закреплением новых уровней функционирования организма.

Функциональное состояние организма 6-й спортсменки (I разряд) на общеподготовительном этапе характеризовалось следующими величинами параметров ВСП:  $ЧСС = 60$  уд./мин;  $SI = 96$  у.е.;  $VLF = 10\,941$   $мс^2$ ;  $MxDMn = 555$   $мс^2$ ;  $TP = 36\,525$   $мс^2$ ;  $pNN50 - 67,8\%$ ;  $AMo - 25,6\%$ . При этом порядок распределения составляющих мощности суммарного спектра был таков:  $HF - 39,3\%$ ;  $LF - 30,7\%$ ;  $VLF - 30\%$ , то есть практически равностепенный вклад всех уровней регуляции в обеспечение сердечной деятельности. При этом высокие значения  $VLF$  указывали на выраженную активацию центрального гипоталамо-гипофизарного звена кардиорегуляции и психоэмоциональное напряжение. Тип регуляции – ближе к IV, с признаками нарушения работы синусового узла (существенно выше нормы  $VLF$ ,  $TP$ ). Адаптация организма данной спортсменки на последующих двух этапах сопровождалась незначительными смещениями механизмов регуляции сердца то в сторону центрального, то в сторону автономного контура. Однако стресс-индекс в процессе спортивной подготовки снижался и на соревновательном этапе составил 28 у.е. Кроме того, повысились вагусные влияния ( $HF - 56,6\%$ ;  $LF - 32\%$ ;  $VLF - 11,4\%$ ) и снизилась гормональная составляющая адаптации,  $VLF$  составил  $1328$   $мс^2$  по сравнению с  $10\,941$   $мс^2$  на 1-м этапе. Суммарная мощность спектра  $TP$  стала  $11\,612$   $мс^2$  и приблизилась к границам нормы для IV типа. Функциональное состояние спортсменки характеризовалось большей стабильностью, что обеспечило повышение ею спортивного результата. Анализ сердечного ритма в ортостазе показал на всех четырех этапах обследования оптимальный вариант работы регуляторных механизмов. Таким образом, можно заключить – в целом программа подготовки обеспечила необходимый адаптивный эффект.

Типологические критерии особенностей регуляторных механизмов СР 7-го спортсмена (II разряд) на первом этапе подготовки в целом соответствовали нормальным значениям, характерным для IV типа регуляции ( $ЧСС = 62$  уд./мин;  $SI = 23,2$  у.е.;  $MxDMn = 640$   $мс^2$ ;  $TP = 7142$   $мс^2$ ;  $HF - 48\%$ ;  $LF - 28,7\%$ ;  $VLF - 23,3\%$ ;  $pNN50 - 37,2\%$ ;  $AMo - 26,5\%$ ). За границами оптимальности был показатель  $VLF = 1658$   $мс^2$ , что указывало на наличие психоэмоционального напряжения и повышенной метаболической активности. Дальнейший тренировочный процесс по наращиванию спортивной тренированности сопровождался повышением стресс-индекса до 144 у.е., переходом на центральный контур управления сердечным ритмом ( $MxDMn = 210$   $мс^2$ ;  $TP = 2018$   $мс^2$ ;  $HF - 25,5\%$ ,  $LF - 39,7\%$ ,  $VLF - 34,9\%$ ) и формированием I типа регуляции. Это отразилось и в ортостазе, наблюдалось незначительное повышение  $TP$ ,  $LF$ ,  $VLF$ . Умеренная активация симпатических влияний в ходе спортивной подготовки является необходимым условием для последующих качественных структурно-функциональных перестроек при соблюдении закономерностей процессов восстановления [1, 6, 7]. Анализ ВСП у данного спортсмена



на соревновательном этапе показал улучшение функционального состояния и переход на автономный контур регуляции. Величины показателей ВСП были незначительно выше нормы для III типа умеренного преобладания парасимпатической регуляции, который считается оптимальным для спортивной практики ( $SI = 33,6$  у.е.;  $MxDMn = 680$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 4408$  мс<sup>2</sup>;  $HF = 40,5\%$ ,  $LF = 32\%$ ,  $VLF = 27,2\%$ ,  $pNN50 = 20,6\%$ ,  $AMo = 36,8\%$ ). Однако сохранялось психоэмоциональное напряжение и активность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы ( $VLF = 1187$  мс<sup>2</sup>), что не позволило спортсмену приумножить свой спортивный результат. При оптимальном варианте вегетативной реактивности в ортостазе наблюдался выраженный прирост стресс-индекса в пробе (на 3 этапе – с 144 до 288 у.е., а на 4 этапе – с 33,6 до 138 у.е.). Вероятно, что при форсировании тренировочных нагрузок не сформировалось устойчивое состояние адаптированности и психоэмоциональной стабильности, которые необходимы для преодоления многочисленных соревновательных стартов.

Тренировочный процесс 8-го спортсмена (без разряда) на всех этапах сопровождался динамикой регуляторных механизмов преимущественно в пределах границ III типа регуляции сердечной деятельности. Так, на 1-м этапе состояние регуляторных влияний соответствовало нижней границе III типа ( $SI = 85,5$  у.е.;  $MxDMn = 280$  мс<sup>2</sup>;  $VLF = 611$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 1993$  мс<sup>2</sup>), при этом наблюдалось наличие повышенного вклада в общий волновой спектр  $LF$  (50,4%) и  $VLF$  (30,7%) волн. В процессе спортивной подготовки на предсоревновательном этапе выявлено смещение к средней границе III типа регуляции с ростом индекса напряжения, вариационного размаха и суммарной мощности волнового спектра ( $SI = 93,9$  у.е.;  $MxDMn = 315$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 2303$  мс<sup>2</sup>), но сопровождалось это нарастанием активности симпатического отдела ВНС ( $LF = 62,2\%$ , а  $HF = 11,3\%$ ). На соревновательном этапе отмечено уменьшение величины стресс-индекса (70,9 у.е.), снижение  $LF$  в общем спектре (44,2%), однако выросла метаболическая цена функционирования организма ( $VLF = 879$  мс<sup>2</sup>, т.е. 39,7%). Анализ вегетативной реактивности при ортостазе показал, что только на 2-м этапе был оптимальный вариант реакции. На всех других этапах подготовки на фоне нормы направленности изменения одних параметров ВСП, выявлено существенное увеличение других – показателей  $TP$  и  $VLF$  в пробе, в то время как при хорошем функциональном состоянии данные показатели должны снижаться. Это может быть вызвано изменениями в активности гипоталамуса, обеспечивающего регулирование функций посредством ВНС и гормонов гипофиза, и связано с неполным восстановлением после нагрузок. В итоге отсутствие вегетативного баланса в управлении функциональным состоянием сердечно-сосудистой системы на фоне усиленного метаболизма не обеспечили спортсмену успешность соревновательной деятельности. Вероятно, совместный тренировочный процесс с более квалифицированными одноклассниками носил у этого спортсмена «рваный характер», возможно, спортсмен не дорабатывал нагрузку из-за отсутствия

технического мастерства и развития большого сенсорного, чем моторного утомления.

На первом этапе тренировочного процесса у 9-го спортсмена (II разряд) регуляция ритма сердца осуществлялась с преобладанием центрального контура и соответствовала I типу ВСП ( $SI = 230$  у.е.;  $MxDMn = 180$  мс<sup>2</sup>;  $VLF = 241$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 680$  мс<sup>2</sup>;  $AMo = 66,7\%$ ). При этом в волновой структуре спектра на фоне симпатических влияний было преобладание активности надсегментарного и коркового уровней регуляции, усиливающих гуморально-гормональные влияния на работу синусового узла ( $VLF = 35,5\%$ ,  $LF = 33,7\%$ ,  $HF = 30,8\%$ ). В ортостазе были выявлены признаки парадоксального ответа по показателям:  $MxDMn$ ,  $TP$ ,  $LF$ ,  $HF$  и  $VLF$  – повышались, а  $SI$  снижался с 230 до 201 у.е. Тренировочная деятельность 2-го этапа сопровождалась эффективной адаптацией и совершенствованием регуляторных механизмов с переходом в относительно устойчивое функциональное состояние организма, поскольку второе обследование показало наличие IV типа ВСП. Стресс-индекс понизился до 23,7 у.е., вариационный размах увеличился до 580 мс<sup>2</sup>, суммарная мощность спектра повысилась до 13 395 мс<sup>2</sup>. При этом в волновой структуре сохранялся повышенный вклад волн, отражающих надсегментарную и корковую активность в управлении сердечным ритмом на фоне преобладания вагусных влияний и автономного контура регуляции ( $HF = 48,7\%$ ;  $VLF = 34,5\%$ ;  $LF = 16,8\%$ ). В ортостазе вегетативная реактивность характеризовалась оптимальным вариантом. Дальнейшая адаптация к нарастанию тренировочных нагрузок в предсоревновательном периоде вновь сопровождалась централизацией управления сердечным ритмом (I тип ВСП), но с меньшей напряженностью организма, чем на 1-м этапе ( $SI = 111$  у.е.;  $MxDMn = 280$  мс<sup>2</sup>;  $VLF = 801$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 2235$  мс<sup>2</sup>;  $AMo = 51,4\%$ ). По-прежнему отмечалась гормональная активность, что указывает на усиленные метаболические реакции, сопровождающие формирование системного структурного следа адаптации. В ортостатической пробе вновь была зарегистрирована парадоксальная реакция со стороны регуляторных механизмов сердечной деятельности – недостаточное восстановление организма. Вместе с тем на соревновательном этапе функциональное состояние спортсмена обеспечивалось вегетативными механизмами, характерными для IV типа ВСП и относительно устойчивого уровня тренированности. Так, параметры ВСП на 4-м этапе были следующие:  $SI = 28,5$  у.е.;  $MxDMn = 750$  мс<sup>2</sup>;  $VLF = 2295$  мс<sup>2</sup>;  $TP = 6442$  мс<sup>2</sup>;  $AMo = 36,9\%$ . В ортостазе вегетативная реактивность характеризовалась оптимальным вариантом изменения параметров ВСП. В целом применяемые тренировочные программы на этапах подготовки были адекватными для данного легкоатлета. Выявленная динамика адаптации регуляторных механизмов сердечной деятельности сопровождалась ростом его спортивных результатов. Однако высокая величина параметра  $VLF$  и его 35,6% в общем спектре волн, а также наличие парадоксальных реакций при ортостазе в периоды наращивания спортивных нагрузок указывают на опасность



истощения эндокринного звена системы, ответственной за адаптацию с последующей потерей тренированности.

С целью выяснения физиологической грамотности составления групповых тренировочных программ в соответствии с этапом подготовки был проведен анализ напряженности регуляторных механизмов, отражающей оптимальность тренирующих воздействий на организм спортсменов, с помощью метода интеркорреляции показателей. Коэффициенты корреляции отражают силу взаимосвязи параметров [2]. Сравнение интеркорреляционных матриц на различных этапах подготовки показало, что на подготовительном этапе общее количество коэффициентов корреляции, указывающих на сильные связи показателей ВСР, составило 37, а средних связей было выявлено 29, общая сумма – 66. На предсоревновательном этапе выявили увеличение количества сильных межсистемных взаимосвязей до 58, средних – до 35, с общей суммой 93. Соревновательный этап показал предельное наращивание межсистемных взаимосвязей и высокий уровень напряженности регуляторных механизмов. Так, число сильных корреляционных связей возросло до 103, а средние по силе связи уменьшились до 12, общая сумма – 115. Это свидетельствует о максимальной интегрированности физиологических систем, их предельной загруженности и увеличении «стоимости» адаптации. Известно, что рост спортивной тренированности и ее результативности сопровождается напряженностью организма и централизацией управления его функциями с мобилизацией функциональных резервов [1].

### Литература

1. Гаврилова, Е.А. Вариабельность ритма сердца и спорт / Е.А. Гаврилова // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 5. – С. 121–129.
2. Гедымин, М.Ю. Об интегральной оценке функционального состояния организма / М.Ю. Гедымин [и др.] // Физиология человека. – 1988. – Т. 14. – № 6. – С. 957–963.
3. Особенности вариабельности сердечного ритма у студентов-спортсменов различного профиля / А.К. Мартусевич, И.В. Бочарин, М.С. Гурьянов, С.Б. Мамонова // Медицинский альманах. – 2020. – № 3 (64). – С. 81–85.
4. Оценка показателей вариабельности сердечного ритма у спортсменов циклических видов спорта / С.М. Разинкин, А.С. Самойлов, П.А. Фомкин [и др.] // Спортивная медицина: наука и практика. – 2015. – № 4. – С. 46–55.
5. Шлык, Н.И. Вариабельность ритма сердца в экспресс-оценке функционального состояния спортсмена / Н.И. Шлык, Е.А. Гаврилова // Прикладная спортивная наука. – 2015. – № 2. – С. 115–125.
6. Шлык, Н.И. Показатели вариабельности сердечного ритма в покое и ортостазе при разных диапазонах значения МхDMn и их изменение у легкоатлетов-бегунов в тренировочном процессе / Н.И. Шлык, А.Е. Алабужев // Наука и спорт: современные тенденции. – 2020. – Т. 8. – № 4. – С. 46–66.
7. Шлык, Н.И. Управление тренировочным процессом спортсменов с учетом индивидуальных характеристик вариабельности ритма сердца / Н.И. Шлык // Физиология человека. – 2016. – Т. 42. – № 6. – С. 81–91.

### Заключение

У обследованных спортсменов выявлены различные типы регуляции сердечного ритма и варианты вегетативной реактивности при ортостазе на отдельных этапах годового цикла подготовки, что связано с неодинаковыми адаптационными способностями организма, которые в целом определяют успешность в соревновательной деятельности.

По данным проведенного исследования можно констатировать, что систематическая специфическая мышечная деятельность при наращивании состояния тренированности сопровождается повышением вклада симпатических и гуморально-гормональных влияний в общий эффект управления сердечным ритмом. Это наблюдалось у обследованных спортсменов независимо от стартового типа ВСР.

Построение общегруппового тренировочного процесса в целом соответствует стадийности процесса адаптации. Однако не у всех спортсменов такое усреднение объемов и интенсивности физических нагрузок обеспечило достижение оптимального функционального состояния организма и успешность соревновательной деятельности. В связи с этим необходима индивидуальная коррекция содержания тренировочных программ с учетом типологии регуляции сердечного ритма и особенностей вегетативной реактивности при ортостазе в ответ на тренирующие воздействия физическими упражнениями спортивного характера.

### References

1. Gavrilova, E.A. (2016), Variability of heart rhythm and sport, *Fiziologiya cheloveka*, vol. 42, no. 5, pp. 121–129.
2. Gedymin, M.Y. et al. (1988), On the integral assessment of the functional state of the organism, *Fiziologiya cheloveka*, vol. 14, no. 6, pp. 957–963.
3. Martusevich, A.K., Bocharin, I.V., Guryanov, M.S. and Mamonova, S.B. (2020), Features of heart rate variability in student-athletes of various profiles, *Medicinskiy al'manah*, no. 3 (64), pp. 81–85.
4. Razinkin, S.M., Samoylov, A.S., Fomkin, P.A., et al. (2015), Assessment of heart rate variability in athletes of cyclic sports, *Sportivnaya medicina: nauka i praktika*, no. 4, pp. 46–55.
5. Shlyk, N.I. and Gavrilova, E.A. (2015), Variability of heart rhythm in express assessment of the functional state of an athlete, *Prikladnaya sportivnaya nauka*, no. 2, pp. 115–125.
6. Shlyk, N.I. and Alabuzhev, A.E. (2020), Indicators of heart rate variability at rest and orthostasis at different ranges of MxDMn value and their change in track and field runners in the training process, *Nauka i sport: sovremennyye tendencii*, vol. 8, no. 4, pp. 46–66.
7. Shlyk, N.I. (2016), Management of the training process of athletes taking into account individual characteristics of heart rhythm variability, *Fiziologiya cheloveka*, vol. 42, no. 6, pp. 81–91.

