

УДК 796.015.6

## УПРАВЛЕНИЕ ТРЕНИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ СПОРТСМЕНОВ В СПОРТЕ ВЫСШИХ ДОСТИЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ХАРАКТЕРИСТИК ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА

<sup>1</sup>Марков К.К., <sup>2</sup>Сивохов В.Л., <sup>3</sup>Иванова О.А., <sup>4</sup>Семенов Д.А.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: k\_markov@mail.ru;

<sup>2</sup>Центр спортивной подготовки сборных команд, Иркутск, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>3</sup>Центр медико-биологических исследований НИ ИргТУ, Иркутск, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>4</sup>Институт повышения квалификации Министерства спорта, Красноярск, e-mail: dasem@mail.ru

В работе рассмотрены основные тенденции развития современного спорта высших достижений и уточнены базовые характеристики спортивной деятельности спортсменов, определяющие направления совершенствования тренировочного процесса на основе совершенной адаптации организма спортсмена к тренировочным нагрузкам. Сформулированы основные концепции совершенствования тренировочного процесса с применением высококонцентрированных тренировочных нагрузок и их последовательным развитием в специализированных мезоциклах для накопления потенциала, его преобразования в специфическую подготовленность и успешную реализацию в соревнованиях. Изучено воздействие субмаксимальных физических нагрузок на показатели регуляторных механизмов сердечной деятельности, сдвиги показателей функционирования которой с помощью анализа вариабельности ритма сердца определяют адекватность реакции организма на нагрузку и расходование функциональных резервов для достижения высокой работоспособности. Разработаны критерии оценки адаптационных возможностей спортсмена по шеститочечной шкале и практические рекомендации по дальнейшему содержанию и коррекции тренировочного режима спортсмена.

**Ключевые слова:** спортивная тренировка, вариабельность ритма сердца, спектральный анализ, адаптация, кардиоинтервалография, функциональный резерв

## TRAINING PROCESS MANAGING OF ATHLETES IN THE HIGHER ACHIEVEMENTS SPORTS ON THE BASIS OF AN ANALYSIS OF THE HEART RATE VARIABILITY CHARACTERISTICS

<sup>1</sup>Markov K.K., <sup>2</sup>Sivokhov V.L., <sup>3</sup>Ivanova O.A., <sup>4</sup>Semenov D.A.

<sup>1</sup>Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: k\_markov@mail.ru;

<sup>2</sup>Centre sports training teams, Irkutsk, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>3</sup>Centre biomedical research, Irkutsk, e-mail: esivohova@mail.ru;

<sup>4</sup>Sport Ministry Institute of advanced training, Krasnoyarsk, e-mail: dasem@mail.ru

We considered the basic tendencies of modern sports development of the higher achievements and specified base characteristics of the sportsman sports activity, defining directions of training process perfection for perfect adaptation of the sportsman organism to training loadings. The basic concepts of training process perfection with application high concentration training loadings and their consecutive development in specialised mesocycles for accumulation of potential, its transformation to specific readiness and successful realisation in competitions are formulated. Influence of the submaximum physical activities on indicators regulatory mechanisms of heart activity is studied, shifts of which indicators of functioning by means of the analysis of variability of a rhythm of heart define adequacy of reaction of an organism on loading and an expenditure of functional reserves for achievement of high working capacity. Criteria of the sportsman adaptable possibilities estimation on a six-point scale and practical recommendations about the further maintenance and correction of a training mode of the sportsman are developed.

**Keywords:** athletic training, heart rate variability, spectral analysis, adaptation, kardiointervalografia, functional reserve

Современный спорт высших достижений в последние годы претерпел существенные изменения, которые значительно влияют на содержание и организацию подготовки спортсменов и ставят перед ними и тренерами сложные задачи повышения спортивного мастерства, требующие совершенствования системы подготовки спортсменов высшей квалификации. Рост числа соревнований и их высокая напряженность борьбы значительно повысили требования к качеству и стабильности мастерства спортсменов в условиях частых и ответственных стартов. Практически большинство видов спорта приобрело всесезонный характер, исключая достаточно длительный подготовительный период базовой подготовки.

Указанные особенности резко изменили баланс времени в годовом цикле подготовки между соревновательной и тренировочной деятельностью спортсмена, в том числе и на восстановительные процессы, в которых реализуются адаптационные изменения физиологических систем организма и выявляются кумулятивные тренировочные эффекты для полноценной реализации адаптационных возможностей организма спортсмена на основе рациональной взаимосвязи между затратами и восстановлением его энергетических ресурсов. Кумулятивный эффект долгосрочного тренировочного процесса является главным фактором, который в значительной степени определяет успех спортсмена.

Он определяется физиологическими и биохимическими изменениями в состоянии спортсменов, специфическими переменными подготовленности спортсменов и спортивным результатом [5; 6].

Современная тренировочная практика ответила на указанные вызовы значительным изменением ряда тренерских концепций, в числе которых, прежде всего, – высокая концентрация тренировочных нагрузок, так как только тренировочные нагрузки высокой концентрации являются достаточным раздражителем для увеличения двигательного потенциала спортсменов высокой квалификации. В свою очередь, концентрированная тренировочная нагрузка требует минимизации количества качеств, развиваемых одновременно, и только последовательное их развитие – единственный возможный подход, особенно в видах спорта с достаточно широким спектром специфических способностей. И наконец, успешная реализация совершенной адаптации организма к такому сложному тренировочному процессу требует применения специализированных мезоцикловых блоков, подобранных так, чтобы последовательно произвести один из трех разных эффектов: накопление потенциала в базовых двигательных и технических навыках, преобразование двигательного потенциала в специфическую по виду спорта подготовленность и ее реализацию в соревновании.

#### **Тренировочный процесс как объект управления**

Суть управления в общем смысле состоит в изменении управляемого объекта согласно заданным критериям его эффективного функционирования, и для практической реализации идеи управления в первую очередь необходимо конкретное представление о состоянии управляемого объекта и его закономерных переходах из одного состояния в другое. Тренировочный процесс организуется в соответствии с определенными целевыми задачами, которые конкретно выражаются в задаваемой величине роста спортивного результата и обуславливают необходимую для их реализации программу тренировки, и величина прироста спортивного результата – это критерий эффективности тренировки. Спортивный результат есть продукт организованного комплекса внешних взаимодействий спортсмена. Поэтому комплекс внешних взаимодействий спортсмена, присущий соревновательной деятельности, следует выделить в качестве первого объекта управления в системе спортивной тренировки.

Комплекс внешних взаимодействий может быть организован тем эффективнее, чем

выше моторный потенциал спортсмена, поэтому в ходе подготовки спортсменов стремятся к совершенствованию своих двигательных возможностей и повышению уровня специфической работоспособности. Состояние спортсмена, как текущую характеристику его моторного потенциала, следует выделить в качестве второго объекта управления в системе спортивной тренировки. В качестве управляющего начала – входа системы, ведущего к ее развитию, выступает программа тренировки, включающая в себя целевые задачи подготовки, мотивацию, направленность личности спортсмена и социальные факторы. Принципиальный смысл управления тренировочным процессом заключается в целенаправленном переводе ее на новый, более высокий и заранее запланированный функциональный уровень [5].

Контроль хода этого процесса обеспечивается путем оценки эффекта, достигаемого преимущественно на двух уровнях управления – на уровне состояния спортсмена (контроль за влиянием тренировочной нагрузки на состояние) и на уровне внешних взаимодействий спортсмена (контроль за изменением их характера в результате изменения состояния). Роль передаточной функции между составляющими комплексного управляемого объекта выполняют тренирующий потенциал и тренировочный эффект нагрузки. Под тренирующим потенциалом нагрузки понимается содержащаяся в ней возможность вызвать функциональную приспособительную реакцию организма спортсмена и соответствующие изменения в его состоянии, а, следовательно, и в комплексе его внешних взаимодействий. Тренирующий потенциал нагрузки – понятие относительное, его следует рассматривать и оценивать в соответствии с текущим состоянием спортсмена. Оценка тренирующего потенциала нагрузки означает предвидение (прогноз) того тренировочного эффекта, который она может обеспечить в каждом конкретном случае. Тренировочный эффект определяется устойчивыми функциональными сдвигами в организме спортсмена в результате тренировочной нагрузки. В его основе лежит кумуляция организмом следов, оставляемых всем комплексом тренирующих воздействий [5; 6].

В реальной практике тренеру необходимо принимать принципиально важные стратегические решения по организации тренировочного процесса, способам контроля и коррекции его хода. Для этого ему требуется объективно оценить конкретную ситуацию, глубоко проанализировать все многочисленные варианты решения, предусмотреть возможные исходы каждого из них и выбрать наиболее приемлемый. Для такой

объективной оценки состояния всех компонентов подготовки необходимы информативные, надежные и практически реализуемые в любых условиях тренировочной и соревновательной деятельности средства и методы диагностики функционального состояния спортсмена. Одним из таких направлений является использование характеристик сердечно-сосудистой деятельности, одной из наиболее распространенных является частота сердечных сокращений и в частности ее вариабельность. В последние годы при оценке функционального состояния спортсменов все более популярным становится анализ вариабельности ритма сердца (BPC), являющийся простым, неинвазивным и информативным методом исследования воздействия вегетативной нервной системы на функцию сердечной деятельности [1; 4; 8; 9].

По мнению многих авторов, BPC является интегральным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы и организма в целом [2; 3; 9]. Ухудшение показателей BPC предшествует гематологическим, метаболическим и энергетическим нарушениям и является наиболее ранним прогностическим признаком неблагоприятного состояния обследуемого [1; 9]. Этим можно объяснить повышенный интерес исследователей к использованию методов оценки BPC в спортивной медицине [7; 9]. Между тем, в настоящее время, существуют лишь единичные работы по анализу BPC после физических нагрузок, позволяющих определять степень адаптации и расходование резервов с целью оценки функционального состояния организма спортсменов и коррекции тренировочного процесса [8; 9].

### Цель исследования

Анализ показателей BPC до и после теста с нагрузкой субмаксимальной интенсивности ( $PWC_{170}$ ) с целью коррекции тренировочного процесса.

### Материалы и методы исследования

Под наблюдением находились ведущие спортсмены первого разряда, кандидаты в мастера спорта, мастера спорта и мастера спорта международного класса по легкой атлетике, конькобежному спорту, лыжным гонкам, плаванию, художественной гимнастике, волейболу, баскетболу, футболу, хоккею с мячом: более 500 исследований в данных видах спорта.

Физическая работоспособность в субмаксимальной зоне интенсивности нагрузки определялась тестом  $PWC_{170}$ . Этот тест рекомендован Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ) не только для спортсменов, но и для обычных людей, даже с заболеваниями сердечно-сосудистой системы [9]. Тестирование проводилось в зависимости от вида спорта либо на тредбане – Cadiosoft-T-2100 (США), либо на велоэргометре Tunturi E-260 (Финляндия) с синхронной записью ЭКГ. Анализ BPC осуществлялся с помощью аппаратно-программного комплекса Omegawave (США).

Анализировались показатели работоспособности –  $PWC_{170}$  и  $PWC_{170/кг}$  (кгм/мин), индекс восстановления (ИВ) в усл. ед., скорость восстановления по пульсу ударов в минуту [8]. Анализ BPC проводился методом кардиоинтервалографии (HVR) в трех стандартных отведениях в положении «лежа», до и через 5 мин после нагрузки.

Оценивались основные показатели спектрального анализа BPC:

- общая мощность (Total Power, TP) и ее составляющие в процентах;
- мощность высокочастотного компонента спектра (High Freguency, HF), характеризующая воздействие на синусовый узел парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и сопряженная с дыхательными волнами;
- мощность низкочастотного компонента спектра (Low Freguency, LF) – связана с активностью постганглионарных симпатических волокон и отражает модуляцию ритма сердца симпатического отдела вегетативной нервной системы [8].

Природа мощности низкочастотного компонента спектра (VLF) в настоящее время остается наименее изученной. Согласно некоторым источникам [8] VLF характеризует влияние высших корковых вегетативных центров на сердечно-сосудистый подкорковый центр и может быть использован как надежный маркер степени связи автономных (сегментарных) уровней регуляции кровообращения с надсегментарными. Увеличение их значений является вегетативным коррелятором тревоги и наблюдается при психоэмоциональных нагрузках и стрессе [2; 3; 7]. По нашим наблюдениям высокий уровень VLF регистрировался при повышенном артериальном давлении и гипертонической реакцией на нагрузку.

Оценивается вклад указанных компонентов в общую мощность спектра (TP) в процентах, а также мощность LF и HF волн в нормализованных единицах и соотношение LF/HF. Снижение значения соотношения LF/HF расценивается как повышение функционального резерва у спортсменов [8; 9].

Из параметров кардиоинтервалографии (КИГ, HVR) использовался интегральный показатель – индекс напряжения Баевского (ИН, Si) [8; 9].

### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ BPC через 5 минут восстановительного периода после проведенного нагрузочного теста  $PWC_{170}$  сравнивался с показателями до нагрузки, оценивался по 6-балльной системе по следующим критериям с выдачей рекомендаций тренеру по оптимальному управлению тренировочным процессом спортсмена и его корректировке:

**6 баллов:** Адаптация к субмаксимальной нагрузке адекватная, «суперкомпенсация», ИН ниже исходного; HF повышался; LF и VLF снижались, соотношение LF/HF 0,5 и менее; TP увеличивается.

При данной адаптации рекомендуются нагрузки без ограничений, желательно соревновательные.

**5 баллов:** Адаптация адекватная, ИН – близок к исходному, HF, LF и VLF, LF/HF и TP на прежних значениях.

Рекомендации по тренировке – без ограничений.

**4 балла:** Адаптация по ВРС адекватная, ИН увеличилась на не более 50%, LF и VLF повышены на не более, чем 50%, HF снижен не более 50%, LF/HF не более 1,5; TP снижен не более 50%.

Рекомендации – развивающие тренировки, без «стрессовых» нагрузок.

**3 балла:** Адаптация по ВРС неадекватная, ИН увеличивается на 100%, HF снижен до 100%, LF и VLF повышены до 100%, LF/HF до 2,0, TP снижен до 100%.

Рекомендации по тренировочному процессу – только поддерживающие тренировки.

**2 балла:** Адаптация по ВРС неадекватная, предстрессовое состояние, ИН повышен более 100%, HF снижен более 100%, LF и VLF повышены более 100%, TP снижен более, чем в 2 раза.

Рекомендации по тренировке – только восстановительные нагрузки, фармакологическая коррекция.

**1 балл:** Адаптация по ВРС неадекватная, стресс, ИН увеличивается в 10 раз, HF снижен более 200%, LF и VLF повышен на более 200%, LF/HF более 3,0, TP снижен в 3 раза.

Рекомендации – дополнительное обследование, отдых, фармакоррекция.

### Выводы

Математический анализ variability ритма сердца до и после субмаксимальной физической нагрузки позволяет определять:

- степень готовности организма спортсменов к тренировкам и соревнованиям;
- наличие или отсутствие функциональных резервов;
- «себестоимость» физической нагрузки для организма;
- динамику тренированности спортсменов;
- диагностику скрытых нарушений сердечного ритма;
- предболезненное или болезненное состояние.

Данный объем исследований позволяет:

- проводить диагностику долговременной адаптации организма к физическим и психоэмоциональным нагрузкам;
- оценивать функциональное состояние и адаптационные возможности организма;
- определять диапазон приспособительных реакций;
- отслеживать явление перетренированности;
- корректировать тренировочный процесс;
- оценивать эффективность восстановительных мероприятий;
- проводить отбор юных спортсменов в видах спорта, связанных с преобладанием выносливости;

• заменять такие инвазивные и дорогостоящие методы, как биохимические анализы крови на лактат, кортизол, тестостерон.

### Список литературы

1. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиологических систем: методические рекомендации. – М., 2002. – 53 с.
2. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 265 с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 219 с.
4. Бань А.С., Горностаева В.К. Variability ритма сердца профессиональных спортсменов игровых видов спорта. Белорусская академия последипломного образования, НИИ физической культуры и спорта. Республика Беларусь, 2012. – 8 с.
5. Верхошанский Ю.В. Программирование и организация тренировочного процесса. – М.: ФИС, 1985. – 175 с.
6. Иссурин В.Б. Блоковая периодизация спортивной тренировки. – М.: Советский спорт, 2010. – 288 с.
7. Кудре О.Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на variability сердечного ритма спортсменов. Бюллетень сибирской медицины – Томск, 2009. – № 1. – С. 36–42.
8. Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт применения метода. – Иваново, 2002. – 290 с.
9. Сивохов В.Л., Сивохова Е.Л., Миролевич Д.В. Современное медико-биологическое обеспечение занимающихся физической культурой и спортом. Иркутск. Центр медико-биологических исследований ИрГТУ, 2010. – 164 с.

### References

1. Baevsky R.M. Analysis of variability of a heart rhythm at use of various electrocardiological systems: methodical recommendations. M., 2002. 53 p.
2. Baevsky R.M., Berseneva A.P. Estimation of adaptable possibilities of an organism and risk of development of diseases. M.: Medicine, 1997. 265 p.
3. Baevsky R.M. The Mathematical analysis of changes of a heart rhythm at stress. M.: Science, 1984. 219 p.
4. Ban A.S., Gornostaeva V.K. Variability of a rhythm of heart of professional sportsmen of game sports. The Belarus academy physical training and sports scientific research institute. Byelorussia, 2012. 8 p.
5. Verkhoshansky Ju.V. Programming and organisation of training process. M.: FIS, 1985. 175 p.
6. Issurin V.B. Blok periodization of sports training. M.: Soviet sports, 2010. 288 p.
7. Kudre O.N. Influence of physical activities of a different orientation on variability of a heart rhythm of sportsmen. The bulletin of the Siberian medicine. Tomsk. 2009. no 1. pp. 36–42.
8. Mikhaylov V.M. Variability of a heart rhythm: experience of a method application. Ivanovo, 2002. 290 p.
9. Sivokhov V.L., Sivokhova E.L., Mirolevich D.V. Modern medical and biologic maintenance engaged in physical training and sports. Irkutsk. The centre of medical and biologic researches of IrGTU, 2010. 164 p.

### Рецензенты:

Пономарев В.В., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой физической культуры и валологии Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск;

Сидоров Л.К., д.п.н., профессор, заведующий кафедрой теоретических основ физической культуры Красноярского государственного педагогического университета, г. Красноярск.

Работа поступила в редакцию 05.12.2014.