

УДК 796.42: 796.01 : 612

## ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ ЛЕГКОАТЛЕТОВ, ТРЕНИРУЮЩИХСЯ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

Мутаева И.Ш., Кузнецов А.С., Коновалов И.Е., Халиков Г.З.

*НФ ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», Набережные Челны, e-mail: khalikov88th@gmail.com*

В статье рассматривается проблема подготовки бегунов, тренирующихся на выносливость с использованием аппаратных средств контроля за функциональным состоянием организма. Определены следующие показатели: общая физическая работоспособность (PWC<sub>170</sub>), максимальное потребление кислорода (МПК), эргометрические показатели, проведена оценка восстановительного периода. Также оценивались результаты variability ритма сердца с активной ортостатической пробой, где определялись коэффициент  $K_{30-15^*}$  адаптационные резервы организма. Для оценки скорости сокращения и расслабления мышц использовался метод полимиографии, с помощью которого определялись показатели скорости произвольного напряжения относительной, скорости произвольного расслабления и функциональное состояние нервно-мышечной и мышечной системы. Проведенные исследования показали, что показатели variability ритма сердца, эргометрические показатели, а также результаты СИНо и СИР в экспериментальной группе выше, где производился контроль за функциональным состоянием организма.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, физическая работоспособность, аппаратные средства контроля

## EVALUATION OF FUNCTIONAL PREPAREDNESS OF ATHLETES, WHICH TRAINING ON ENDURANCE

Mutaeva I.S., Kuznetsov A.S., Kononov I.E., Khalikov G.Z.

*Naberezhnye Chelny branch Volga Region State Academy of Physical Culture, Sport and Tourism, Naberezhnye Chelny, e-mail: khalikov88th@gmail.com*

In article considered the problem of preparation of runners, which training on endurance with use of test hardware of control for the functional state. Identified the following indicators: the general physical working capacity (PWC170), maximum oxygen consumption (MOC), ergometric indicators, held evaluation of the recovery period. Also evaluation results of heart rate variability with an active orthostatic test, which identified indicators: coefficient  $K_{30-15^*}$ , adaptive organism reserves. For estimate the rate of contraction and relaxation of muscles used method polimiografii, with which measures the performance indicators speed of arbitrary tension and speed of arbitrary relaxation of muscles and the functional state of neuromuscular and muscular system. Reserch have shown that heart rate variability, ergometric indicators and results speed of arbitrary tension and speed of arbitrary relaxation in the experimental group is higher, where were monitoring the functional state of the organism.

**Keywords:** functional state, physical working capacity, test hardware of control

Объем и интенсивность тренировочных и соревновательных нагрузок накладывают отпечаток на функциональное состояние спортсменов, поэтому оценка функционального состояния организма является обязательной процедурой. Процедура оценки позволяет на ранней стадии выявить возможные нарушения в работе опорно-двигательного аппарата и неблагоприятную динамику функционального состояния организма, а значит, предотвратить возможные травмы и повреждения, улучшить физическую форму, а также позволяет определить степень готовности к соревнованиям, улучшить спортивные показатели.

По мнению В.Н. Платонова (1986), о готовности спортсмена к выполнению тренировочных и соревновательных нагрузок нельзя судить по отдельным, даже вполне информативным показателям. Недостаточно одного показателя, отражающего адаптационные изменения в организме, необходим комплекс показателей, характеризующих деятельность многих его систем [2].

Современный легкоатлетический спорт характеризуется увеличением объема и интенсивности тренировочных нагрузок. В процессе применения тренировочных и соревновательных нагрузок спортсмен не может дать оценку своему физическому состоянию. Очень часто рост объема и интенсивности выполняемой работы приводит к перенапряжению и переутомлению как организма в целом, так и отдельных его систем. Поэтому спортсмены нуждаются в оценке своих физических состояний, и при этом необходим дополнительный источник информации. Отсутствие в арсенале тренера данных о динамике биометрических показателей, отражающих функциональные и морфофункциональные свойства систем организма спортсмена, значительно затрудняет процесс планирования тренировочных нагрузок. При этом повышается вероятность оказания тренировочного воздействия, не адекватного текущим адаптационным резервам организма спортсмена [5]. Контроль и управление тренировочным процессом станет более эффективным

с применением автоматизированных комплексов, использующихся непосредственно в период выполнения спортсменом физической нагрузки, до нее и после. Несмотря на обилие методик оценки функционального состояния спортсмена, наиболее информативным на сегодняшний день по-прежнему остаются аппаратные методы исследования.

Все вышеизложенное актуализирует выбранные нами проблемы оценки функционального состояния легкоатлетов на различных этапах подготовки на этапе спортивного совершенствования.

**Целью** нашей работы явилась оценка функционального состояния легкоатлетов на основе комплексного изучения показателей.

### Материалы и методы исследования

Для проведения исследования вариабельности ритма сердца (ВРС) с активной ортостатической пробой в программе Поли-Спектр использовали электрокардиограф компьютерный «Поли-Спектр-8/EX», программный модуль «Поли-Спектр-Анализ». Оценивали текущее функциональное состояние [1]. Также определяли коэффициент  $K_{30-15}$ , который характеризует функцию блуждающего нерва (реактивность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы). В норме  $K_{30-15} = 1,49 \pm 0,24$ . Данный коэффициент позволяет осуществлять раннюю диагностику таких состояний, как утомление и переутомление, снижение уровня тренированности [5]. Оценивали также адаптационные резервы организма и уровень функционирования физиологической [6].

Для исследования физической работоспособности применялось нагрузочное тестирование PWC<sup>170</sup> с применением электрокардиографа «Поли-Спектр-8/EX» и велоэргометра «eVike». Для изучения механизмов регуляции и координации произвольных движений, контроля за сократительными и релаксационными характеристиками скелетных мышц, функциональным состоянием центральной нервной (ЦНС) и нервно-мышечной (НМС) систем использовали метод полимиографии, разработанный Ю.В. Высочиным [3]. Для изучения психологического состояния бегунов нами использовался аппаратно-программный комплекс «Активациометр АЦ-9К», разработанный Ю.А. Цагарелли.

В учебно-научной межкафедральной лаборатории были проведены исследования студентов-легкоатлетов с 1 по 5 курс, специализирующихся в беге на средние и длинные дистанции с квалификацией «массовые разряды», КМС и МС. Экспериментальную группу составили легкоатлеты, у которых тренировочный процесс строился на основе комплексной диагностики функционального состояния и оценки изучаемых показателей, а контрольную составили легкоатлеты, у которых тренировочный процесс контролировался только за счет собственных ощущений и показателей ЧСС.

### Результаты исследования и их обсуждение

Физическая работоспособность в основном определяется энергетическими возможностями организма спортсменов и лимитируется системой транспорта кис-

лорода. Поэтому в более узком смысле физическую работоспособность понимают как функциональную способность кардиореспираторной системы. В этом случае физическая работоспособность организма соответствует его аэробной производительности. У легкоатлетов физическую работоспособность определяли с помощью велоэргометрического теста.

В ЭГ наблюдается достоверное увеличение показателя общей физической работоспособности: на 1-м этапе он равнялся  $1316,11 \pm 198,99$  кГм/мин, на 2-м этапе –  $1575,33 \pm 170,86$  кГм/мин, прирост составил 19,67% ( $P < 0,05$ ). В КГ данный показатель на 1 этапе составил  $1399,67 \pm 213,15$  кГм/мин, на 2-м этапе –  $1410,56$  кГм/мин, прирост составил всего 0,77%. В контрольной группе бегунов показатели общей физической работоспособности изменились незначительно, а в экспериментальной группе, где проводился контроль над функциональным состоянием спортсмена, произошло значимо достоверное улучшение. Следовательно, в процессе подготовки легкоатлетов регулярный контроль над функциональным состоянием организма позволяет своевременно определять периоды спада физической работоспособности и выявлять причины, влияющие на это изменение. Относительная физическая работоспособность легкоатлетов также изменилась в сторону увеличения. В контрольной группе оценивается высокий уровень показателей относительной физической работоспособности. В экспериментальной группе показатели относительных величин перешли с высокого уровня в наивысший уровень.

Основным показателем аэробной производительности организма является величина потребляемого кислорода в единицу времени (МПК). Соответственно, чем выше показатель МПК, тем больше функциональные возможности спортсменов. В нашем примере показатели МПК в контрольной и экспериментальной группе имеют тенденцию к увеличению, в экспериментальной группе в большей степени. Если в экспериментальной группе на 1 этапе эксперимента МПК составило  $3,45 \pm 0,38$  л/мин, на 2 этапе –  $4,09 \pm 0,37$  л/мин, то в контрольной группе на 1-м этапе –  $3,44 \pm 0,62$  л/мин, на 2-м этапе –  $3,56 \pm 0,46$  л/мин. Относительные показатели МПК легкоатлетов в экспериментальной и контрольной группе оцениваются как высокий уровень физического состояния, при этом в обеих группах показатели увеличиваются. В экспериментальной группе легкоатлетов благодаря своевременному контролю над функциональным состоянием происходит дальнейшее

удержание показателей на высоком уровне. В ходе исследования установили, что уровень относительного МПК, обеспечивающий хорошее физическое состояние легкоатлетов, составляет 55 мл/(мин·кг) и выше.

Исследование ритма сердца при дозированных физических нагрузках дает важную информацию о состоянии аппарата кровообращения, являющегося одним из главных показателей физической формы спортсмена. Кроме того, только опираясь на данные, полученные в результате этих исследований, можно корректно определять пульсовые режимы тренировок, ориентированных на совершенствование физической формы. Показатели ЧСС у легкоатлетов контрольной и экспериментальной групп от начала к концу эксперимента снижаются. В экспериментальной группе на 1-м этапе ЧСС в покое составила  $72,78 \pm 14,14$  уд./мин, на 2-м этапе –  $58,71 \pm 9,55$  уд./мин, наблюдается урежение ЧСС на 14 уд./мин. В контрольной группе на 1 этапе ЧСС составила  $76,22 \pm 4,71$  уд./мин, на 2-м этапе –  $71,89 \pm 4,37$  уд./мин, урежение составило 4 уд./мин. Своевременное корректное определение рекомендуемых зон интенсивности тренировочной работы способствует урежению показателей ЧСС в условиях относительного покоя как показателю экономизации сердечной деятельности.

У легкоатлетов экспериментальных групп после выполнения физической нагрузки восстановление показателей ЧСС происходит в разном режиме, т.е. наблюдается более затяжное снижение на 1-м этапе, а затем замедленное восстановление. На 2-м этапе наблюдается более быстрое снижение к 1-й минуте и полное восстановление к 5-й минуте. У легкоатлетов экспериментальной группы на 1-м этапе наблюдается снижение ЧСС к первой минуте до  $120,22 \pm 7,58$  уд./мин, ко второй – до  $99,89 \pm 8,22$  уд./мин, к третьей – до  $94,22 \pm 9,58$  уд./мин, к четвертой и пятой – до  $90,33 \pm 9,04$ ,  $85,11 \pm 7,90$  уд./мин соответственно. На втором этапе наблюдается снижение ЧСС к первой минуте до  $113,71 \pm 6,18$  уд./мин, ко второй – до  $80,57 \pm 7,63$  уд./мин, к третьей – до  $76,57 \pm 5,41$  уд./мин, к четвертой – до  $72,57 \pm 2,57$  уд./мин и к пятой до  $66,71 \pm 2,50$  уд./мин. В экспериментальной группе наблюдается улучшение восстановительных процессов как следствие повышения функционального состояния организма.

В контрольной группе восстановление показателей ЧСС на 1 и 2-м этапах проходило в одинаковом режиме, то есть наблюдается затяжное восстановле-

ние на фоне накопления усталости. На 1-м этапе показатели ЧСС к первой минуте снизились до  $121,89 \pm 5,06$  уд./мин, ко второй – до  $105,67 \pm 3,87$  уд./мин, к третьей – до  $105,67 \pm 3,87$  уд./мин, к четвертой – до  $90,78 \pm 5,07$  уд./мин, к пятой – до  $85,56 \pm 6,93$  уд./мин. На 2-м этапе динамика ЧСС составила к первой минуте  $119,22 \pm 4,27$  уд./мин, ко второй минуте – до  $100,67 \pm 5,05$  уд./мин, к третьей минуте – до  $93,78 \pm 5,40$  уд./мин, к четвертой минуте – до  $88,78 \pm 5,83$  уд./мин и к пятой минуте восстановления –  $86,67 \pm 7,50$  уд./мин.

Закономерной реакцией на ортостатическую пробу является учащение пульса. У хорошо тренированных спортсменов учащение пульса относительно невелико – от 5 до 15 уд./мин. В нашем примере в начале исследований на ортостатическую пробу в контрольной группе учащение пульса составило  $19,78 \pm 3,83$  уд./мин, а в экспериментальной  $19,33 \pm 5,02$  уд./мин. На втором этапе исследований наблюдаются достоверные значимые изменения в экспериментальной группе легкоатлетов, где учащение пульса после ортостатической пробы составило  $10,33 \pm 3,77$  уд./мин, а в контрольной группе изменение незначительно: учащение пульса составило  $17,33 \pm 5,74$  уд./мин.

Реактивность парасимпатического отдела ВНС оценивается по результатам ортостатической пробы с определением коэффициента 30:15 ( $K_{30:15}$ ). Недостаточная реактивность парасимпатического отдела ВНС при проведении ортостатической пробы, определяемой по коэффициенту 30:15, позволяет осуществлять раннюю диагностику таких состояний, как утомление и переутомление, снижение уровня тренированности. В нашем примере у легкоатлетов контрольной и экспериментальной группы наблюдается снижение реактивности парасимпатического отдела:  $1,16 \pm 0,11$  и  $1,17 \pm 0,09$  ус. ед. соответственно. На втором этапе исследований в экспериментальной группе реактивность парасимпатического отдела ВНС перешла в диапазон шкалы как условной нормы. Следовательно, раннее выявление таких состояний, как утомление и переутомление, снижение уровня тренированности позволяет предотвратить такие состояния и поддерживать функциональное состояние организма легкоатлетов на должном уровне.

На 1-м этапе исследований в экспериментальной группе наблюдается снижение адаптационных резервов организма легкоатлетов, которое составило  $-0,11 \pm 2,79$  ус. ед. В контрольной группе снижение более выражено и составляет  $-0,44 \pm 2,89$  ус. ед. На втором этапе в экс-

периментальной группе наблюдается переход адаптационных резервов организма легкоатлетов от сниженного уровня к удовлетворительному –  $1,89 \pm 1,76$  ус. ед., а в контрольной группе достоверных изменений не наблюдается.

Уровень функционирования функциональных систем организма легкоатлетов оценили по следующей шкале: 3–4 – близок к норме; 2 – умеренно снижен; 0–1 – значительно снижен. В результате проведенных исследований можно утверждать, что в контрольной и экспериментальной группах уровень функционирования функциональных систем организма близок к норме и колеблется в пределах от 3 до 4 ус. ед.

Функциональное состояние мышц в равной мере определяется скоростью напряжения, максимальной силой и скоростью расслабления. Как видно из представленных нами данных, тестирование функционального состояния мышц, центральной нервной и нервно-мышечной систем легкоатлетов в начале эксперимента не выявило статистически значимых различий в КГ и ЭГ. После эксперимента по многим

показателям статистически достоверных различий между легкоатлетами контрольной и экспериментальной групп не наблюдается. Показатели, характеризующие сократительные возможности мышц (СПНо), в процессе эксперимента претерпели незначительные изменения. Как известно, скорость произвольного напряжения мышц находится в прямой зависимости от функционального состояния высших регуляторных систем и выступает как важнейший системообразующий фактор координации движений и технического мастерства спортсменов, которое тоже вносит существенный вклад в уровень специальной физической работоспособности.

ФСнмс в контрольной группе легкоатлетов на 1 и 2-м этапах исследования осталось на одном уровне. В экспериментальной группе отмечается улучшение функционального состояния нервно-мышечной системы. Если в КГ легкоатлетов на 1-м этапе ФСнмс составило  $9,242 \pm 1,49$  ус. ед, на 2 этапе –  $10,407 \pm 2,182$  ус. ед., то в ЭГ легкоатлетов улучшение данного показателя более выражено (таблица).

Показатели релаксационных свойств мышц и общего функционального состояния

Показатели		Экспериментальная группа ( $\bar{X}_{ср} \pm \sigma$ )		Контрольная группа ( $\bar{X}_{ср} \pm \sigma$ )	
		1 этап	2 этап	1 этап	2 этап
СПНо	пр	$3,354 \pm 0,585$	$4,159 \pm 0,964$	$3,757 \pm 0,60$	$3,958 \pm 0,982$
	лев	$4,041 \pm 1,257$	$4,476 \pm 0,755$	$4,259 \pm 0,80$	$4,367 \pm 1,211$
СПР	пр	$5,183 \pm 1,922$	$7,714 \pm 1,078$	$6,449 \pm 1,55$	$7,081 \pm 1,882$
	лев	$4,766 \pm 1,729$	$6,356 \pm 1,201$	$5,561 \pm 1,21$	$5,959 \pm 1,788$
КМПСо, усл. ед.	пр	$6,636 \pm 2,104$	$7,998 \pm 1,453$	$7,317 \pm 1,81$	$7,658 \pm 0,931$
	лев	$6,854 \pm 2,233$	$8,078 \pm 1,348$	$7,466 \pm 2,53$	$7,772 \pm 1,296$
ФСцнс, усл. ед.	пр	$4,736 \pm 0,802$	$5,692 \pm 0,495$	$5,214 \pm 0,83$	$5,453 \pm 1,357$
	лев	$4,637 \pm 0,871$	$5,548 \pm 0,535$	$5,093 \pm 0,89$	$5,320 \pm 1,523$
ФСм, усл. ед.	пр	$10,584 \pm 2,659$	$14,793 \pm 2,801$	$12,689 \pm 1,91$	$13,741 \pm 1,664$
	лев	$9,769 \pm 1,765$	$12,633 \pm 1,392$	$11,201 \pm 1,96$	$11,917 \pm 1,548$
ФСнмс, усл. ед.	пр	$6,913 \pm 1,918$	$11,571 \pm 3,873$	$9,242 \pm 1,49$	$10,407 \pm 2,182$
	лев	$6,438 \pm 1,466$	$8,433 \pm 0,992$	$7,436 \pm 1,36$	$7,934 \pm 1,531$

Примечания:  $\bar{X}_{ср}$  – среднеарифметическое значение,  $\sigma$  – ошибка от средней; СПНо – скорость произвольного напряжения относительная; СПР – скорость произвольного расслабления; КМПСо – коэффициент максимальной произвольной силы относительный; ФСц – функциональное состояние ЦНС; ФСм – функциональное состояние мышечной системы; ФСнмс – функциональное состояние нервно мышечной системы.

Это связано с тем, что в процессе комплексного контроля над состоянием нервно-мышечной системы легкоатлетов экспериментальной группы нам довелось установить контроль над тоническом напряжением тестируемых мышц как в состоянии покоя, так и при выполнении произвольных движений с физической нагрузкой.

Таким образом, проведенная нами комплексная оценка функциональной подготовленности бегунов на средней дистанции позволила выявить текущее состояние организма, адаптивных резервов и уровень функционирования функциональных систем, которые проявились в различных показателях. В результате проведенных иссле-

дований научно обоснована необходимость разработки методики диагностики функционального состояния спортсменов на основе комплексного подхода.

#### Список литературы

1. Бань А.С. Вегетативный показатель для оценки variability ритма сердца спортсменов / А.С. Бань, Г.М. Загородный // Медицинский журнал. – № 4. – С. 127–130.

2. Бомин В.А. Комплексный контроль функционального состояния организма спортсменов-юношей с использованием телеметрической системы: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Улан-Удэ., 2006. – 30 с.

3. Высочин Ю.В. Физиологические основы специальной подготовки футболистов / Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко, В.А. Чувев. – Набережные Челны: КамГИФК, 2007. – 176 с.

4. Качаев А.О. Корреляционный и факторный анализы взаимосвязи биохимических и кардиоритмографических показателей у высококвалифицированных бегунов на средние и длинные дистанции // Вестник спортивной науки. – М., 2007. – № 4. – С. 22–26.

5. Руденко И.В. Индивидуализация моделирования тренировочных циклов легкоатлетов-спринтеров на основе показателей функционального состояния нервно-мышечного аппарата и сердечно-сосудистой системы: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Омск., 2006. – 24 с.

6. Михайлов, В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. академия, 2002. – 290 с.

#### References

1. Ban A.S. Vegetative index for evaluation of heart rate variability of athletes / A.S. Ban, G.M. Zagogradny // Medical Journal. no. 4. pp. 127–130.

2. Bomin V.A. Integrated control of functional state of youth athletes using telemetry system: author's abstract of dissertation... Ulan-Ude., 2006. 30 p.

3. Visochin U.V. Physiological basis of the special training of football players / U.V. Visochin, U.P. Denisenko, V.A. Chuev. Naberezhnye Chelny: KamGIFK, 2007. 176 p.

4. Kachaev A.O. Correlation and factor analysis of the interrelation of biochemical and cardiological parameters of high qualification runners on middle and long distance // Sport science herald. M., 2007. no. 4. pp. 22–26.

5. Modeling individualization of training cycles of runners sprinters based on indicators of the functional state of the neuromuscular system and the cardiovascular system: author's abstract of dissertation...cand.ped.science / I.V.Rudenko. Omsk, 2006. 24 p.

6. Mikhailov V.M. Heart rate variability: the experience of practical application / V.M. Mikhailov. Ivanovo: Ivan. State. Med. Academy, 2002. 290 p.

#### Рецензенты:

Кузнецова З.М., д.п.н., профессор, зав. кафедрой социально-экономических дисциплин, сервиса и туризма, НФ ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», г. Набережные Челны;

Денисенко Ю.П., д.б.н., профессор, зав. кафедрой теории и методики спортивных игр, НФ ФГБОУ ВПО «Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма», г. Набережные Челны.

Работа поступила в редакцию 11.04.2013.