

Особенности проведения тестирования спортсменов высокого класса и оценка основных регистрируемых параметров: болгарский опыт

Станислав Цветков
София, Болгария

Peculiarities of testing highly skilled athletes and evaluation of the main registered parameters: the Bulgarian experience **Stanislav Tsvetkov**

ABSTRACT. *Objective.* To study the current state and issues of testing highly skilled athletes in Bulgaria.

Methods. Analysis and synthesis of scientific and empirical data.

Results. Control in the system of elite sport in Bulgaria includes assessment of general health and identification of health problems (health indices, electrocardiography at rest, measurement of general hematological parameters); analysis and evaluation of functional capacities (anthropometry, testing exercises performed in laboratory conditions (including measurement of gas exchange; registration of electrocardiogram during testing loads and recovery period; analysis of blood lactate concentration during testing loads and recovery period) and field (under conditions of training process) testing loads; training process control and planning (assessment of anaerobic threshold and determination of training zones according to heart rate).

Conclusions. During testing, Bulgarian specialists tend to use informative methods and indices for assessing the functional status of athletes both in the laboratory conditions and those of actual training activity. One of the main problems of scientific and medical support of Bulgarian elite sport is the lack of effective dialogue between scientists and coaches. The small amount of information about the daily regime of the athletes' training process, the goals and nature of the training loads impedes the objective analysis of the functional status of the examined athletes and the planning of their future training process. Due to financial and organizational reasons, scientists are rarely directly involved in training camps and studies in field settings. This does not provide objective practical observation of the immediate organization and implementation of the training program. There is no effective coordination between health professionals and coaches in the medical support of elite sport.

Keywords: skilled athletes, anthropometry, functional diagnostics, indices.

Особливості проведення тестування спортсменів високого класу й оцінка основних параметрів, що реєструються: болгарська досвід **Станіслав Цветков**

АНОТАЦІЯ. *Мета.* Вивчити сучасний стан та проблеми проведення тестування спортсменів високого класу в Болгарії.

Методи. Аналіз і узагальнення наукових і емпіричних даних.

Результати. Контроль у системі спорту вищих досягнень в Болгарії включає оцінку загального стану здоров'я та ідентифікацію проблем здоров'я (показники здоров'я, електрокардіографія в спокої, вимір загальних гематологічних параметрів); аналіз і оцінку функціональних здібностей (антропометрія, тестуєчи впрями, виконувани в лабораторних умовах (включаючи вимір газообміну; реєстрацію електрокардіограми під час виконання тестуючих навантажень і відновного періоду; аналіз концентрації лактату крові під час виконання тестуючих навантажень і відновного періоду) і польові (в умовах тренувального процесу) тестуючі навантаження; контроль і планування тренувального процесу (оцінка анаеробного порога і визначення тренувальних зон за частотою серцевих скорочень).

Висновки. Під час тестування спортсменів болгарські фахівці використовують інформативні методи і показники оцінки функціонального стану спортсменів як у лабораторних умовах, так і в умовах реальної тренувальної діяльності. Одна з головних проблем наукового та медичного забезпечення болгарського спорту вищих досягнень – брак ефективного діалогу між вченими і тренерами. Мала кількість інформації про щоденний режим тренувального процесу атлетів, цілей і характеру тренувальних навантажень перешкоджає об'єктивному аналізу функціонального стану обстежених спортсменів і плануванню їх майбутнього тренувального процесу. Через фінансові та організаційні причини вчених рідко безпосередньо залучають до тренувальних зборів і наукових досліджень в реальних польових умовах. Це не забезпечує об'єктивного практичного спостереження безпосередньої організації і реалізації тренувальний програми. Відсутня будь-яка ефективна координація між медичними фахівцями і тренерами в медичній підтримці спорту вищих досягнень.

Ключові слова: кваліфіковані спортсмени, антропометрія, функціональна діагностика, показники.

Постановка проблемы. Краткая историческая справка и главные цели. В 1907 г. F. Hopkins и W. Fletcher сделали открытие, касающееся образования лактата (молочной кислоты) в сокращающихся мышцах в условиях низкого содержания кислорода. В 1929 г. F. Hopkins разделил Нобелевскую премию в области медицины и физиологии с С. Eijkman за открытие витаминов. В 1922 г. A. Hill был награжден Нобелевской премией в области медицины и физиологии за исследования мышечного сокращения. В конце 1960-х годов K. Wasserman и соавт. сформулировали концепцию анаэробного порога. В Болгарии исследования в области физиологии физических упражнений наиболее интенсивно проводятся с начала 1970-х годов в специализированной лаборатории в Софии.

Цели функциональной диагностики в спорте высших достижений:

- оценка общего состояния здоровья и идентификация проблем здоровья – оценка здоровья, электрокардиография в покое, измерение общих гематологических параметров;

- анализ и оценка функциональных способностей – антропометрия, тестирующие упражнения, выполняемые в лабораторных условиях (включая измерение газообмена; регистрацию электрокардиограммы во время выполнения тестирующих нагрузок и восстановительного периода; анализ концентрации лактата крови во время выполнения тестирующих нагрузок и восстановительного периода) и полевые (в условиях тренировочного процесса) тестирующие нагрузки;

- контроль и планирование тренировочного процесса – оценка анаэробного порога и определение тренировочных зон по частоте сердечных сокращений (ЧСС).

Результаты исследования и их обсуждение. *Тесты, выполняемые в лабораторных условиях.* Антропометрия – процедура, которая проводится до выполнения тестирующих нагрузок. Индекс массы тела (ИМТ) – один из используемых критериев, но он недостаточно объективен у спортсменов высокой квалификации, так как не учитывает состав массы тела (отношение между жировой и мышечной массой тела) [11]. Значения нормы: 18,5–25. Приведенный ниже пример низкой информационной ценности ИМТ у спортсменов высокой квалификации очень показательный. Jay Cutler – один из наиболее известных культуристов в мире. Его параметры сезона: масса тела – 129,5 кг, длина тела – 1,75 м, содержание жира в составе тела (по кожным складкам) 4–6 %. ИМТ 44,08 мог быть оценен как чрезвычайная точность. Пример доказывает потребность более точного анализа состава массы тела у спортсменов высокой квалификации, проводимого различными методами. Наиболее простой в применении метод измерения кожных складок. В Болгарии широко применяется уравнение J. Parizkova [17], которое учитывает десять кожных складок. Главное ограничение метода в том, что урав-

нение имеет высокую вариативность в зависимости от количества используемых складок. При использовании уравнения может быть допущена 3–4 %-я ошибка в расчете процентного содержания жира в теле [15].

Биоэлектрический импеданс стал популярным методом в течение последних двух десятилетий. Так как метод чувствителен к изменениям содержания воды в организме, обследуемые перед измерением не должны пить и есть в течение 4 ч, а также воздерживаться от потребления любого алкоголя или кофеина. Метод биоэлектрического импеданса имеет определенные ограничения. Некоторые ученые сообщили, что умеренные или интенсивно выполняемые физические упражнения перед измерениями могут изменить величину импеданса. Они рекомендовали избегать активного выполнения тренировочных нагрузок за 90–120 мин до измерения [1]. Более чем в 1600 публикациях сообщается об использовании импеданса как инструмента измерения состава тела. Большинство исследований свидетельствуют, что хотя импеданс полезный инструмент для клинических исследований, для оценки жировой массы тела у спортсменов высокой квалификации имеет ограниченную практическую ценность [13, 14, 16].

Источники энергии для физической деятельности. Организм использует четыре главных энергетических метаболических пути производства энергии во время выполнения физических упражнений: 1) аденозинтрифосфатные источники – минимальные запасы аденозинтрифосфата, доступные в клетке, позволяющие выполнять механическую работу продолжительностью 1–2 с; 2) система креатинфосфата – энергия обеспечивается посредством распада креатинфосфата в течение 5–10 с; 3) гликолитическая система – производство энергии с образованием лактата, способствующего развитию мышечного утомления; 4) аэробная система – механизм синтеза аденозинтрифосфата в мышечной клетке в присутствии кислорода [9]. Аэробный механизм характеризуется отсроченной активизацией, однако когда он активизирован – это главный источник энергии во время выполнения физических упражнений продолжительностью более 3–4 мин. Основанные на продолжительности соревновательной деятельности и соответствующем энергообеспечении спортивные дисциплины могут быть дифференцированы как в анаэробные, так и аэробные.

Аэробное тестирование. Выбор типа тестирующей нагрузки для спортсменов основывается на характеристике энергообразования в соответствующем виде спорта. Поэтому тестирующие нагрузки разделены на две главные группы – анаэробные и аэробные. В Болгарии для видов спорта на выносливость максимальное аэробное тестирование проводится согласно протоколу [12] с измерением газообмена и концентрации лактата крови (во время выполнения тестирующей нагрузки и в период восстановления), снятием электрокардиограммы. Протокол выполнения механической

работы включает постоянный градиент 2 %, начальную скорость 6 км · ч⁻¹, приращение скорости 1,2 км · ч⁻¹ и продолжительность каждой стадии 90 с. Для протокола тестирующей нагрузки, выполняемой на велоэргометре, начальный груз составляет 60 Вт, приращение – 30 Вт, продолжительность каждой стадии – 90 с. Протокол для специализированного гребного эргометра включает начальную нагрузку 60 Вт, приращение – 40 Вт, продолжительность каждой стадии – 2,30 мин с паузами по 30 с. Во время паузы проводится забор крови для определения концентрации лактата. Обычно лабораторное аэробное тестирование команд видов спорта на выносливость проводят три–четыре раза в год, главным образом во время общеподготовительного периода спортивной подготовки. Тестирование проводят до и после выполнения определенного объема работы в условиях тренировочного сбора. Оно направлено на оценку эффективности выполняемых тренировочных нагрузок.

Анаэробное тестирование. Анаэробный тест Вингейта (разработанный в Израиле в 1970-х годах) используется для измерения анаэробной мощности в спортивных дисциплинах с наличием короткой продолжительности максимального усилия в соревновательной нагрузке (например, спринт, дзюдо, борьба, футбол, бокс и баскетбол). Анаэробная мощность отражает возможности аденозинтрифосфатного и креатинфосфатного механизмов энергообразования. Тест Вингейта проводится на специализированном велоэргометре и заключается в выполнении работы с максимальной интенсивностью (спринт) в течение 30 с. Тест позволяет оценить пиковую мощность и фактор утомления. Высокая пиковая мощность и низкий фактор утомления могут характеризовать спортсмена с хорошими анаэробными возможностями.

Оценка основных регистрируемых параметров функционального состояния. Максимальное потребление кислорода. Один из главных изучаемых параметров – максимальное потребление кислорода ($\dot{V}O_2\text{max}$). Согласно K. Wassermann [27], $\dot{V}O_2\text{max}$ – максимальная величина кислорода, который может быть поглощен из воздуха, транспортироваться и использо-

ваться для энергообразования. Много исследований свидетельствуют о наличии высокой корреляции между уровнем специальной работоспособности и $\dot{V}O_2\text{max}$ в велоспорте, беге на средние и длинные дистанции, гребле, лыжном спорте по пересеченной местности и других спортивных состязаниях, требующих проявления выносливости. Уровень $\dot{V}O_2\text{max}$ для спортсменов-мужчин мирового класса, тренирующихся на выносливость, составляет обычно 65–90 мл · кг⁻¹ · мин⁻¹. В таблице 1 приведены данные $\dot{V}O_2\text{max}$ на некоторых спортивных соревнованиях в Болгарии. На уровень $\dot{V}O_2\text{max}$ может влиять ряд факторов: пол (более низкие величины отмечаются у спортсменок), возраст (максимальные величины отмечаются в возрасте 18–25 лет) и эффективность тренировочной программы, направленной на развитие выносливости (среднее увеличение для нетренированного человека на 10–15 % после шестимесячной программы тренировочных занятий). Когда спортсмены прекращают тренироваться после нескольких лет интенсивных занятий, направленных на повышение выносливости, то у них отмечается снижение уровня $\dot{V}O_2\text{max}$ на 5–10 % в течение первых 20–30 дней отдыха [29]. Исследования показали, что на повышение уровня $\dot{V}O_2\text{max}$ в тренировочном процессе влияют генетические факторы. Так, спортсмены по-разному реагируют на одну и ту же тренировочную нагрузку [4]. У спортсменов высокой квалификации уровень $\dot{V}O_2\text{max}$ находится на индивидуальной максимальной границе. Его увеличение в результате оптимизации тренировочного процесса маловероятно, несмотря на увеличение работоспособности [21]. Поэтому оценка эффективности тренировочного процесса у спортсменов высокой квалификации не должна базироваться исключительно на оценке $\dot{V}O_2\text{max}$. Анаэробный порог – другой главный критерий, который соответствует приемлемой скорости передвижения у спортсменов высокого класса и может использоваться для прогнозирования скорости передвижения во время соревнования [2, 3].

Анаэробный порог (ПАНО) – это уровень работы или потребления кислорода, выше которого будет отмечаться метаболический ацидоз и связанные с ним изменения в газообмене [26]. Главный признак адекватного тренировочного эффекта – смещение величины ПАНО вправо к более высокой мощности работы или потреблению кислорода (обычно признак улучшения процессов переноса кислорода и утилизации кислорода в организме) [29]. В то время как нетренированные люди обычно имеют уровень ПАНО в пределах 50–60 % $\dot{V}O_2\text{max}$, спортсмены высокого класса, тренирующиеся на выносливость, могут достигать ПАНО приблизительно 75–90 % $\dot{V}O_2\text{max}$. Davis с соавт. [7] отмечают, что напряженная тренировочная нагрузка, направленная на развитие выносливости у спортсменов высокой квалификации, как правило, ассоциируется с увеличением уровня ПАНО без параллельного увеличения $\dot{V}O_2\text{max}$. Физиологически хорошая спортивная форма обуслов-

ТАБЛИЦА 1 – Уровень максимального потребления кислорода в некоторых видах спорта в Болгарии за последние годы

Вид спорта	$\dot{V}O_2\text{max}$, мл · кг ⁻¹ · мин ⁻¹	Автор
Спортивное ориентирование (мужчины), n = 6	67,25 ± 4,23	Gyrkov и соавт. [10]
Биатлон (женщины), n = 5	56,91 ± 3,68	Dasheva и соавт. [6]
Биатлон (мужчины), n = 6	59,38 ± 3,19	Dasheva и соавт. [6]
Гребля (женщины), n = 7	49,98 ± 2,56	Dasheva и соавт. [6]
Футбол (женщины), n = 10	48,07 ± 4,06	Tzvetkov и соавт. [23]
Легкая атлетика (мужчины) (1500, 2000, 3000 м), n = 8	68,31 ± 3,11	Tzvetkov и соавт. [24]
Спортивное ориентирование (мужчины), n = 10	65,86 ± 3,94	Tzvetkov S. [25]

лена не только увеличением уровня $\dot{V}O_{2max}$, но также факторами как экономичности, так и высокой устойчивости к образованию лактата в работающих мышцах [9]. Этот факт очень важен для спортсменов высокой квалификации, у которых индивидуальный уровень $\dot{V}O_{2max}$ находится в пределах их максимальной границы. Предоставленный некоторыми авторами анализ свидетельствует, что ПАНО характеризует такое качество, как эффективность, и является главным критерием для оценки эффективности тренировочного процесса у спортсменов высокого класса [5, 8, 20].

Максимальная физическая работоспособность.

В зависимости от эргометра, на котором выполняется тестирующая нагрузка, максимальный уровень работоспособности (W_{Cmax}), который достигается спортсменами во время выполнения теста, может выражаться в ваттах, скорости или MET. Максимальная мощность 18 MET отмечается у спортсменов высокой квалификации, в то время как 20 MET — у спортсменов мирового класса [18]. Согласно болгарскому эксперименту с тестируемыми нагрузками у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся на выносливость, отмечается максимальный уровень работоспособности: 16–18 MET, 380–480 Вт или 16–20 км · ч⁻¹. Увеличение уровня физической работоспособности оценивается как положительный признак, свидетельствующий об увеличении способностей организма выполнять полезную работу.

Максимальная ЧСС и ЧСС в период восстановления. Существует широко распространенное мнение, что положительный эффект тренировочного процесса проявляется в уменьшении максимальной частоты сердечных сокращений. В 1996 г. J. Wilmore [28] доказал, что это не должно быть расценено как правило, и можно наблюдать положительный эффект без сопутствующего уменьшения максимальной ЧСС. Уместно принять тезис, что наиболее часто положительный эффект связан с уменьшением уровня максимальной ЧСС. Однако недостаток такого уменьшения не является признаком ограничения функциональных способностей, но должен интерпретироваться в контексте других параметров, характеризующих функциональное состояние спортсмена. Обычно более быстрое уменьшение ЧСС во время восстановительного периода является признаком положительного эффекта тренировочных нагрузок, связанного с увеличением адаптационных способностей сердечно-сосудистой системы.

Динамика концентрации лактата во время тестирования и восстановительного периода. Общеизвестна необходимость оценки динамики лактата при выполнении тестирующих нагрузок и во время восстановительного периода. В Болгарии концентрацию лактата крови измеряют перед тестированием, во время выполнения теста и на 2, 4, 6, 10 и 15-й минутах восстановления. Смещение кривой лактата вправо к более высоким уровням мощности тестирующих нагрузок является индикатором положительного эффекта тренировочного

процесса. Этот индикатор особенно показателен, если динамику лактата крови рассмотреть во взаимосвязи с положительными изменениями в уровне анаэробного порога и $\dot{V}O_{2max}$. Быстрая скорость утилизации лактата имеет существенное значение для спортсменов высокой квалификации, поэтому измеряется также концентрация лактата во время восстановительного периода. Более быстрая нормализация уровня лактата после выполнения упражнений с максимальной интенсивностью является признаком положительного тренировочного эффекта, особенно для спортивных соревнований с напряженной нагрузкой переменного характера — футбол, баскетбол, теннис. Атлеты высокого класса очень часто выполняют специализированную тренировочную нагрузку (интервальная тренировка), направленную на увеличение скорости утилизации лактата после выполнения тренировочных упражнений. Результаты исследований свидетельствуют о более быстрой нормализации высоких величин лактата в крови в течение активного восстановления. Таким образом, рекомендуется выполнение нагрузок низкой интенсивности в течение восстановительного периода в сочетании с массажем мышц [29].

Анализ основных функциональных параметров в полевых условиях включает измерение и оценку ЧСС, концентрации лактата крови, артериальное давление и газообмен в легких — изменения в реальном тренировочном занятии с использованием определенных телеметрических устройств и портативных биохимических анализаторов. Этот подход обеспечивает получение самой объективной информации относительно особенностей реакции адаптации в условиях соревнования и тренировочного занятия.

Наиболее интенсивно в течение прошлого десятилетия использовались портативные мониторы ЧСС (пульсометры). Они позволяют проводить запись и анализ ЧСС, вариабельности ЧСС, измерение пробегаемого расстояния, темп шагов и получать среднюю длину шага непосредственно в течение тренировочного занятия и соревнования. Современные технологии также позволяют проводить прямой анализ динамики дыхательных газообменных параметров во время тренировочного процесса через телеметрические системы.

Практическое применение мониторов ЧСС в управлении тренировочным процессом включает вычисление так называемой индивидуальной зоны ЧСС тренировочных нагрузок с различным тренировочным эффектом для спортсменов. Используя эти зоны можно управлять в реальных условиях тренировочного занятия интенсивностью тренировочных нагрузок. Обычно ЧСС тренировочной зоны (HRTZ), которая выражается как процент $\dot{V}O_{2max}$ или максимальной ЧСС, вычисляется множением болгарские тренеры очень часто используют также HRTZ, предложенные V. Borilkevich [3] (табл. 2).

В заключение мы прокомментируем часто используемый подход для теоретической оценки максимальной

ТАБЛИЦА 2 – Тренировочные зоны по ЧСС (Borilkevich V.), которые широко используются болгарскими тренерами

Режим энергообразования	ЧСС, уд · мин ⁻¹
Аэробный	120—140
Смешанный аэробно-анаэробный	140—165
Смешанный анаэробно-аэробный	165—180
Анаэробный — гликолитический	180—195

ЧСС, представленный в научных, методологических и медицинских изданиях, посвященных проблемам болгарского спорта высших достижений. Когда провести тестирование с использованием нагрузок максимальной мощности нет возможности, уровень максимальной ЧСС можно рассчитать теоретически. Рекомендуют относиться к теоретически рассчитанному уровню ЧСС только как к общему руководству, а не использовать его как главный параметр, для того чтобы планировать тренировочные нагрузки. Максимальная ЧСС обычно оценивается по стандартной формуле $ЧСС_{\max} = 220 - \text{возраст}$. В 2002 г. R. Robergs провел исследование относительно известных методов для теоретического расчета максимальной ЧСС и заключил, что стандартная формула имеет существенную ошибку [19]. Согласно результатам исследования наиболее соответствует для

вычисления ЧСС_{макс} уравнение Н. Tanaka: $(ЧСС_{\max} \text{ (теория)} = 208 - 0,7 \times (\text{возраст}))$ [22].

Выводы

Таким образом, при тестировании спортсменов болгарские специалисты используют информативные методы и показатели оценки функционального состояния спортсменов как в лабораторных условиях, так и в условиях реальной тренировочной деятельности. Одна из главных проблем научного и медицинского обеспечения болгарского спорта высших достижений – недостаток эффективного диалога между учеными и тренерами. Недостаток информации относительно ежедневного режима тренировочного процесса атлетов, целей и характера тренировочных нагрузок препятствует объективному анализу функционального состояния обследованных спортсменов и планированию их будущего тренировочного процесса. Из-за финансовых и организационных причин ученые редко непосредственно привлекаются на тренировочные сборы и к научным исследованиям в реальных полевых условиях. Это не обеспечивает объективное практическое наблюдение относительно непосредственной организации и реализации тренировочной программы. Нет никакой эффективной координации между медицинскими специалистами и тренерами в медицинской поддержке спорта высших достижений, что приводит к неадекватному режиму питания, восстановления и лечения атлетов.

Литература

1. Abu KM, McCutcheon MJ, Reddy S, et al. Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method. *Am. J. Clin. Nutr.* 1988;47:789–92.
2. Billat L. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training: Recommendations for long distance runners. *J. Sports Med.* 1996;22:157–75.
3. Борилкивич В, и др. *Основы беговой подготовки в спортивном ориентировании [The basics of running training in sports orienteering]*. Санкт-Петербург; 1994.
4. Boucharde C, Ping A, Treva R, et al. Familial aggregation of V_O2max response to exercise training: results from the heritage family study. *J. Appl. Physiol.* 1999;87:1003–8.
5. Coggan AR, Abduljalil AM, Swanson SC, et al. Muscle metabolism during exercise in young and older untrained and endurance-trained men. *J. Appl. Physiol.* 1993;75(5):2125–3.
6. Dasheva D. *Training and adaptation in unusual conditions*. Sofia:NSA; 2004.
7. Davis J, Vodak P, Wilmore J, et al. Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three modes of exercise. *J. Appl. Physiol.* 1976;41:544–50.
8. Farrell FA, Wilmore JH, Coyle EF, et al. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Med. Sci. Sports.* 1979;11:338–44.
9. Foss ML, Keteyian SJ. *Fox's physiological basis for exercise and sport*. 6th ed. Boston, WCB: McGraw-Hill; 1998.
10. Gyrkov V, Dasheva D, Bonov P. On the question about building of aerobic capacity of the athletes in some endurance sports. *Sport. Sci.* 2003;2:15–23.
11. Hoffman J. *Norms for fitness, performance and health*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2008.
12. Iliev I. *A method for complex testing of high-class athletes*. Sofia: BSFS; 1974.
13. Janssen I, Heymsfield S, Baumgartner R, et al. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J. Appl. Physiol.* 2000;89:465–71.
14. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clin. Nutr.* 2004;23:1226–43.
15. Lohman TS. Skinfolts and body density and their relation to body fatness: A review. *Human Biology.* 1981;53:181–225.
16. Mahshid D, Anwar TM. Is bioelectrical impedance accurate for use in large epidemiological studies? *J. Nutr.* 2008;7(26):1–7.
17. Parizkova J. *Body fat physical fitness*. The Hague: Martinus Nijhoff; 1977.
18. Pina IL, Balady GJ, Hanson P, et al. Guidelines for clinical exercise testing laboratories – a statement for healthcare professionals from the committee on exercise and cardiac rehabilitation (American Heart Association). *Circulation.* 1995;91:910–31.
19. Robergs RA, Landwehr R. The surprising history of the “HR_{max}=220-age” equation. *J. Exerc. Physiol.* 2002;5(2):1–10.
20. Sjudin B, Jacobs I, Svedenhag J. Changes in onset of blood lactate accumulation (OBLA) and muscle enzymes after training at OBLA. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1982;49:45–57.
21. Sjudin B, Svedenhag J. Applied physiology of marathon running. *J. Sports Med.* 1985;2:83–99.
22. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2001;37:153–6.
23. Tzvetkov S, Maznev I, Stefanov Z. Influence of the type ergometric device for exercise testing on the results of a maximal spirometric assessment in female soccer players. *Sport Sci.* 2007;4:46–53.
24. Tzvetkov S, Bonov P, Dasheva D. Problems in determination of ventilatory threshold based on respiratory exchange ratio in high-level athletes. *Sci. J. Facta Universitatis.* 2008.
25. Tzvetkov S. The reproducibility of the ventilatory anaerobic threshold determination methods among two maximal treadmill exercise protocols in elite orienteers. *Sci. J. Facta Universitatis.* 2008.
26. Wasserman K, Whipp B, Koyal S, et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J. Appl. Physiol.* 1973;35:236–243.
27. Wasserman K, Hansen J, Darryl Y, Whipp B. *Principles of exercise testing and interpretation*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams&Wilkins; 2005.
28. Wilmore J, Jack H, Stanfort PR, et al. Endurance exercise training has a minimal effect on resting heart rate: the heritage study. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1996;28(7):829–35.
29. Wilmore JH, Costill D. *Physiology of sport and exercise*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2004.

Перепечатано из: Наука в олимпийском спорте, № 2, 2009.