

УДК 796/799  
ББК 75.0  
Б43

**Белоцерковский З. Б.**

Б43 Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов [Текст] / З. Б. Белоцерковский – 2-е изд., доп. – М. : Советский спорт, 2009. – 348 с. : ил.

ISBN 978-5-9718-0376-8

В книге изложены общие основы и методы определения физической работоспособности с помощью велоэргометрических нагрузок, а также оценка этого физиологического показателя в условиях выполнения специфических для конкретного вида спорта нагрузок в естественных условиях циклической работы. Рассматриваются особенности функционирования аппарата кровообращения, взаимоотношения между физиологическими показателями его деятельности и физической работоспособностью у спортсменов разного возраста.

Особое внимание уделено проблеме функциональной диагностики в спортивной медицине. Дополнительно рассматриваются структурно-функциональные характеристики сердца и эргометрические критерии физической работоспособности у спортсменов с атипичной картиной ЭКГ, а также данные по изучению аппарата кровообращения и физической работоспособности у квалифицированных спортсменов в отдаленные периоды их жизни после прекращения спортивной деятельности.

Издание рассчитано на специалистов в области спортивной медицины, функциональной диагностики, аспирантов и студентов физкультурных вузов.

УДК 796/799  
ББК 75.0

Подписано в печать 13.03.09. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 21,75. Уч.-изд. л. 23,2. Тираж 1000 экз.  
Изд. № 1398. Заказ № 4556.

ОАО «Издательство «Советский спорт»». 105064, г. Москва, ул. Казакова, 18.  
Тел./факс: (499) 267-94-35, 267-95-90.  
Сайт в Интернете: [www.sovsportizdat.ru](http://www.sovsportizdat.ru)  
E-mail: [sovsport@mail.tascom.ru](mailto:sovsport@mail.tascom.ru)

Отпечатано с электронной версии  
в ФГУП «Производственно-издательский комбинат ВИНТИ».  
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.  
Тел. (495) 554-21-86

© Белоцерковский З. Б., 2005  
© Белоцерковский З. Б., 2009  
© Оформление. ОАО «Издательство  
«Советский спорт»», 2009

ISBN 978-5-9718-0376-8

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

Диагностика состояния физической работоспособности у спортсменов и непрерывное отслеживание изменений этого состояния под влиянием применяемых средств и методов тренировки составляют одну из центральных задач, реализуемых в практике спортивной медицины. Физическая работоспособность человека – явление многофакторное. К числу наиболее значимых факторов, определяющих физическую работоспособность, обычно относят скоростно-силовую подготовленность спортсмена, уровень развития его биоэнергетических возможностей (аэробных и анаэробных), технику выполнения упражнений, тактику ведения спортивного поединка и психологическую подготовку. Уровень развития скоростно-силовых качеств и биоэнергетические возможности спортсмена принадлежат к числу свойств человека, унаследованных от родителей или приобретенных в процессе жизни (они определяются как *факторы потенций*). Техника исполнения упражнений, тактика ведения спортивной борьбы и психологическая подготовка определяют, в какой мере имеющиеся потенциальные возможности реализуются в конкретной обстановке спортивных состязаний (эти качества обычно определяются как *факторы производительности*). В соответствии с этими особенностями проявления физической работоспособности применяемые в спортивно-медицинской практике диагностические процедуры строго подразделяются на стандартизированные лабораторные обследования, ориентированные на определение факторов потенций, и специфические «полевые» тесты, применяемые с целью установления степени готовности спортсменов к выполнению конкретных соревновательных задач. Стандартизированные лабораторные процедуры составляют основное содержание углубленных этапных обследований спортсменов, проводимых на старте и по завершении определенных периодов подготовки, а специальные полевые тесты применяются для от-

слеживания состояния специальной работоспособности накануне и в процессе наиболее значимых соревнований сезона.

До недавнего времени основное внимание спортивных медиков при изучении биоэнергетических возможностей спортсменов уделялось определению их аэробных способностей, и в частности, лимитирующим эти способности кардиореспираторным функциям; малоисследуемыми и редко включаемыми в программы этапных и полевых обследований оставались скоростно-силовые и анаэробные возможности спортсменов. Лишь только в последние годы изучение и регулярное тестирование скоростно-силовых и анаэробных возможностей спортсменов стало предметом внимания со стороны специалистов в области спортивной медицины.

Автор предлагаемой вниманию читателей монографии имеет многолетний опыт работы по изучению спортивной работоспособности в лабораториях кафедры спортивной медицины Центрального института физической культуры и НИИ нормальной и патологической физиологии АМН, руководил которыми профессор В.Л. Карпман. Автор монографии располагает уникальным экспериментальным материалом исследования структурных и функциональных характеристик сердца спортсменов и их взаимосвязей с различными факторами физической работоспособности. В монографии приводятся весьма ценные в практическом отношении сведения об особенностях проведения и интерпретации данных лабораторных и полевых тестовых процедур, используемых в спортивной медицине. Среди этих данных особого внимания заслуживают результаты проведенного автором экспериментального изучения реакции сердечно-сосудистой системы спортсменов на статические и высокоинтенсивные физические нагрузки анаэробного воздействия (Вингейт-тест). Эти результаты вполне своевременно дополняют общую программу исследований физической работоспособности у спортсменов и лиц, занимающихся оздоровительной физической культурой.

*Проф. Н.И. Волков,  
заслуженный деятель науки РФ,  
заведующий кафедрой биохимии  
Российского государственного университета  
физической культуры, спорта и туризма*

## ВВЕДЕНИЕ

Физическая работоспособность человека зависит от целого ряда факторов и прежде всего от состояния здоровья, функционального состояния систем организма, объема и интенсивности физических нагрузок и т.д. Результаты исследования этого физиологического показателя берутся на вооружение не только спортивной и военной медициной, но и тренерами, преподавателями физического воспитания, непосредственно спортсменами и лицами, занимающимися самостоятельно физической культурой.

В последние годы для оценки физической работоспособности получила широкое распространение функциональная проба –  $PWC_{170}$ , основанная на использовании непредельных физических нагрузок, выполняемых с помощью прибора (VELOЭРГОМЕТРА), позволяющего измерить проделанную механическую работу. Физиологическому обоснованию пробы, усовершенствованию методики ее проведения и оценки результатов тестирования посвящен ряд научных работ, выполненных сотрудниками лаборатории спортивной кардиологии и кафедры спортивной медицины РГУФК под руководством профессора В.Л. Карпмана. В настоящем издании представлены основные нормативные сведения об этой функциональной пробе.

В исследовании проблемы количественного анализа физической работоспособности у спортсменов продолжает оставаться ряд нерешенных вопросов и, в частности, особенности взаимоотношений этого физиологического показателя со структурно-функциональными характеристиками сердца, стандартизация методики проведения пробы и оценки ее результатов у юных спортсменов и т.д. Именно этот круг вопросов рассмотрен в настоящей работе, основанной на результатах многолетних наблюдений. Обследовано несколько тысяч спортсменов различной специализации и квалификации, в том числе высококвалифицированных спортсменов, многие из которых

А

были членами сборных команд страны, чемпионами Олимпийских игр, мира и Европы, и более четырехсот юных спортсменов в возрасте от 9 до 17 лет.

В работе систематизирован большой фактический материал, связанный с определением физической работоспособности на основе эргометрических критериев, с исследованием тех структурно-функциональных особенностей сердца, которые отражают его адаптационные изменения в результате спортивной деятельности. Речь идет о таких показателях, как объем полости и масса миокарда желудочка, ударный объем крови и минутный объем кровотока, сократительная функция сердца и т.д.

Наряду с материалом о физической работоспособности, определенной с помощью прибора (велоэргометра), позволяющего измерять дозированную механическую работу, представлены подробные сведения о предложенной нами функциональной пробе, основанной на использовании специфических для конкретного вида спорта физических нагрузок (легкоатлетический бег, плавание, бег на коньках, лыжах и т.д.).

На основе анализа данных о мощности велоэргометрической нагрузки и скорости циклических движений при равных физиологических сдвигах предложен и рассматривается способ суждения об эффективности реализации вегетативных возможностей спортсменов в естественных условиях мышечной деятельности.

Отдельный большой раздел работы посвящен недостаточно разработанной в спортивной медицине проблеме – различным аспектам адаптации сердечно-сосудистой системы к статическим нагрузкам. Предложена физиологическая проба, позволяющая оценивать адаптационные возможности аппарата кровообращения спортсмена при выполнении статических нагрузок. Основные положения пробы могут быть использованы при обследовании занимающихся тяжелой атлетикой, борьбой, туризмом, альпинизмом и т.д.

В спортивно-медицинской практике, из-за технических и методических обстоятельств, до настоящего времени не исследуются адаптационные возможности организма спортсмена при выполнении физических нагрузок анаэробного характера. Необходимость в такого рода исследованиях очевидна. В книге представлены сведения о так называемом Вингейтском тесте, позволяющем оценивать анаэробную работоспособность на основе эргометрических критериев. Обсуждаются особенности взаимоотношений между уровнем анаэробной работоспособности, с одной стороны, и структурно-функциональными характеристиками сердца, аэробной производительностью, скоростными качествами спортсменов – с другой.

Одной из задач спортивной медицины является своевременная диагностика таких патологических состояний, как приобретенные

и врожденные пороки сердца, коронарная болезнь сердца, в целом ряде случаев приводящих при занятиях спортом к тяжелым последствиям. Это побудило нас рассмотреть некоторые фонокардиографические функциональные пробы, облегчающие решение вопросов диагностики поражения клапанного аппарата сердца, и представить более подробную информацию об электрической активности сердца в условиях физической нагрузки, необходимую для распознавания поражений коронарных артерий.

Книга основана на данных, полученных при обследовании спортсменов в лаборатории кардиологии кафедры спортивной медицины РГУФК, возглавлявшейся проф. В.Л. Карпманом.

В написании разделов книги, касающихся фонокардиографии, использован опыт работы в отделении функциональной диагностики Московского городского врачебно-физкультурного диспансера, которым заведовал В.В. Коган-Ясный.

В исследованиях спортсменов в разное время принимали участие Б.Г. Любина, Я.Г. Аблов, Ю.А. Борисова, И.Ю. Картышева, Г.А. Койдинова, Н.Г. Кочина, В.Г. Лиошенко, Р.А. Меркулова, которым с большой теплотой выражаю благодарность за помощь в повседневной работе.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> (Н.И. Волков) .....	5
<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ</b> .....	10
<b>Глава 1. Эргометрические критерии физической работоспособности и структурно-функциональные характеристики сердца у спортсменов</b> .....	11
1.1. Частота сердечных сокращений и артериальное давление в условиях покоя .....	11
1.2. Внутренние структуры сердца .....	15
1.2.1. Структурные особенности сердца у представителей различных видов спорта .....	15
1.2.2. Кардиогемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов с различной степенью увеличения массы миокарда .....	27
1.2.3. Гемодинамика .....	34
1.2.4. Гипертрофия миокарда, дилатация полости левого желудочка и физическая работоспособность .....	36
1.2.5. Взаимоотношения между внутренними структурами сердца и его объемом .....	41
1.2.7. Динамика изменений конфигурации внутренней поверхности полости левого желудочка сердца .....	50
1.3. Физическая работоспособность у спортсменов (тест PWC <sub>170</sub> ) .....	56
1.3.1. Физиологическое обоснование пробы .....	56
1.3.2. Методика проведения пробы .....	58
1.3.3. Оценка результатов пробы .....	61
1.3.4. Динамика колебаний значений системного артериального давления у спортсменов с различными уровнями физической работоспособности при выполнении физических нагрузок .....	74

<b>Глава 2. Эргометрические критерии физической работоспособности и структурно-функциональные характеристики сердечно-сосудистой системы у юных спортсменов</b> .....	78
2.1. Артериальное давление и частота сердечных сокращений .....	78
2.2. Электрическая активность сердца .....	81
2.3. Кардиодинамика .....	83
2.4. Акустические проявления сердечной деятельности .....	88
2.5. Структурные особенности сердца .....	96
2.6. Гемодинамика .....	104
2.7. Сосудистые сопротивления артериальной системы .....	105
2.8. Изменение значений физиологических показателей при физической нагрузке .....	108
2.9. Физическая работоспособность (тест PWC <sub>170</sub> ) .....	114
2.10. Сердечно-сосудистая система и физическая работоспособность у высокорослых юных спортсменов .....	118
<b>Глава 3. Определение физической работоспособности у нетренированных взрослых</b> .....	132
<b>Глава 4. Эргометрические критерии физической работоспособности и структурно-функциональные характеристики аппарата кровообращения у ветеранов спорта</b> .....	138
<b>Глава 5. Определение физической работоспособности у спортсменов и занимающихся физической культурой с помощью специфических нагрузок</b> .....	150
5.1. Основы пробы со специфическими нагрузками циклического характера .....	150
5.2. Методика проведения пробы .....	152
5.3. Пробы со специфическими нагрузками .....	157
5.3.1. Проба с бегом .....	157
5.3.2. Проба с плаванием .....	163
5.3.3. Проба с плаванием в ластах .....	166
5.3.4. Проба с бегом на лыжах .....	168
5.3.5. Проба с бегом на коньках .....	170
5.3.6. Проба с передвижением на велосипеде .....	174
5.3.7. Проба с греблей .....	176
5.3.8. Проба со штангой .....	177
5.4. Определение физической работоспособности у занимающихся физической культурой .....	178
5.4.1. Проба с ходьбой .....	182
5.4.2. Проба с бегом .....	186
5.5. О сопоставлении велоэргометрических и специфических нагрузок .....	187

<b>Глава 6. Адаптация сердечно-сосудистой системы</b>	
<b>к статическим нагрузкам у спортсменов</b>	191
6.1. Методы исследования	193
6.2. Изменение значений физиологических показателей	
при статической нагрузке	195
6.2.1. Частота сердечных сокращений	195
6.2.2. Фазовая структура сердечного цикла	202
6.2.3. Структурные особенности сердца	205
6.2.4. Сердечный выброс	209
6.2.5. Сосудистые сопротивления артериальной системы	214
6.3. Адаптация к статическим нагрузкам у спортсменов	
с различными структурно-функциональными	
характеристиками сердечно-сосудистой системы	217
6.4. Адаптация спортсменов к выполнению	
специфических нагрузок	221
6.5. Реакция сердечно-сосудистой системы	
на статические и динамические нагрузки	227
<b>Глава 7. Эргометрические критерии</b>	
<b>анаэробной работоспособности у спортсменов</b>	242
7.1. Анаэробная работоспособность у юных спортсменов	245
7.2. Анаэробная работоспособность у спортсменов	256
<b>Глава 8. Структурно-функциональные характеристики</b>	
<b>сердца и эргометрические критерии физической</b>	
<b>работоспособности у спортсменов с атипичной</b>	
<b>картиной электрокардиограммы</b>	263
8.1. Атипичные изменения волны Т электрокардиограммы.	264
8.2. Нарушения сердечного ритма и проводимости	282
<b>Глава 9. Электрическая активность сердца</b>	
<b>в условиях физической нагрузки</b>	288
<b>Глава 10. Фармакологические и функциональные</b>	
<b>физиологические пробы, используемые</b>	
<b>в спортивной медицине</b>	308
10.1. Функциональные пробы, используемые	
для дифференцирования сердечных шумов	308
10.2. Функциональные пробы, применяемые для уточнения	
природы атипичных изменений волны Т	
электрокардиограммы	320
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	325