

**ИНДИКАТОРЫ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕЗЕРВОВ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И
ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА**

В.А. ОРЛОВ*, Н.А. ФУДИН**, О.Б. ФЕТИСОВ*, О.В. СТРИЖАКОВА***, И.Н. НОВИКОВА****

* ГНЦ РФ ИМБП РАН, Хорошевское шоссе 76 А, Москва, 123007, Россия

** Институт нормальной физиологии им. П.К. Анохина,
ул. Моховая, д. 11, стр. 4, Москва, 103009, Россия

*** Международный университет в Москве, Ленинградский пр., 17, Москва, 125040, Россия

**** НПП «Навигатор здоровья», Научный проезд, д. 10, оф. 206, Москва, 117246, Россия

Аннотация. Разработана общедоступная методика диагностики резервных возможностей ССС и дыхания у групп населения разного возраста с использованием степ-тестового комплекса «Навигатор здоровья». Обоснована оптимальная мощность степ нагрузок, процедура тестирования программное средство для определения метаболического эквивалента, физической работоспособности, максимального потребления кислорода, минутного объема кровообращения и легочной вентиляции. Разработаны возрастные нормативные показатели и балльно-рейтинговые шкалы для оценки резервных возможностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма для практически здоровых людей.

Ключевые слова: функциональные резервы систем организма; максимальное потребление кислорода; минутный объем кровообращения; метаболический эквивалент; физическая работоспособность; степ-тестовый аппаратно-программный комплекс «Навигатор здоровья».

**THE INDICATORS OF FUNCTIONAL RESERVES OF CARDIOVASCULAR AND RESPIRATORY
SYSTEM OF THE HUMAN BODY**

V.A. ORLOV*, N.A. FUDIN**, O.B. FETISOV*, O.V. STRIZHAKOVA***, I.N. NOVIKOVA****

* GNTs RF IMBP RAN, Khoroshevskoe Highway 76 A, Moscow, 123007, Russia

** Anokhin Institute of Normal Physiology, Str. Moss, d. 11, p. 4, Moscow, 103009, Russia

*** International University in Moscow, Leningradsky av., 17, Moscow, 125040

**** Scientific and industrial enterprise «Health Navigator»,
Scientific passage, d. 10, of. 206, Moscow, 117246, Russia

Abstract. The authors have developed a publicly available method of diagnosing cardiovascular reserve capacity and respiration for different age groups using the step-test complex «Health Navigator». The article presents the substantiation the optimum power load step, the routine test on software tool for determining the metabolic equivalent (MET), physical health (PWC170), maximal oxygen consumption (IPC), minute volume of blood circulation (IOC) and pulmonary ventilation. Also, the age and performance standards of score-rating scales to assess the reserve capacity of the cardiovascular and respiratory systems of the body for healthy people were developed.

Key words: functional reserves of the body's systems; maximum oxygen consumption; minute volume of blood circulation; metabolic equivalent; physical performance; step-test hardware and software complex «Health Navigator».

Введение. Сердце, сосуды и органы дыхания являются основными системами жизнеобеспечения человека и состояние их функциональных возможностей (т.е. здоровья) выступает индикатором общего уровня соматического здоровья и дееспособности индивида. Медицинская статистика развитых стран мира, России – свидетельствует о высоком уровне заболеваемости этих систем организму людей разного возраста. Специалисты отмечают, что сердечно-сосудистые заболевания начали поражать организм людей даже в юном возрасте. Эти болезни все чаще становятся причиной инвалидизации людей и во многих случаях приводят к преждевременной смертности.

Основной функцией *сердечно-сосудистой системы* (ССС) является доставка крови и содержащегося в ней кислорода и метаболитов к различным тканями организма. В состоянии относительного покоя клетки организма снижают метаболическую активность и могут сохранять жизнедеятельность при минимальных поставках O_2 и метаболитов. При таком режиме сердце человека работает с минимальной интенсивностью и не вызывает беспокойства у человека. Однако, человеку свойственно активное участие в различных видах деятельности, когда в работу вовлекается значительное количество клеток организма и многократно возрастает их потребность в кислороде и метаболитах. Одновременно увеличивает-

ся количество продуктов клеточного метаболизма, которые необходимо транспортировать в органы утилизации (легкие, почки, печень). Интенсивная физическая работа предъявляет очень высокие требования к резервным возможностям ССС и дыхательного аппарата. Многими исследованиями [13, 15] установлена прямая взаимосвязь между мощностью физической работы, потреблением кислорода и ЧСС, что позволяет в дозированных нагрузочных тестах измерять резервные возможности сердца, транспорта крови по сосудам и доступный уровень метаболизма.

Современная медицина разработала много инструментов и методов для выявления патологии ССС человека с использованием различных физико-химических методов, включая магнитно-резонансную терапию и компьютерную томографию [10-12]. Однако клиническая диагностика функционального состояния сердца и сосудов часто бывает запоздалой, когда проявились симптомы ограничений жизнедеятельности или заболевание человека. Для организации массового профилактического контроля сердечно-сосудистой и дыхательной систем необходимы простые, общедоступные методы и хорошо понятные населению индикаторы здоровья этих сегментов организма [4, 5, 7, 8, 14].

Целью настоящей работы являлась разработка мобильного аппаратно-программного степ-тестового комплекса для выявления и оценки функционального состояния ССС и дыхания у групп населения разного возраста в условиях максимально приближенных к месту учебы или работы.

Материалы и методы исследования. Лабораторные исследования позволили обосновать оптимальную мощность и продолжительность физической нагрузки для людей разного возраста и разработать степ-тестовый, аппаратно-программный комплекс «Навигатор здоровья» (АПК-НЗ) [6]. Он позволяет обследовать любые возрастные группы населения, измерять важные индивидуальные показатели: МЕТ, *PWC 170* и МПК, МОК, максимальную легочную вентиляцию и ряд других показателей организма. Эти медико-физиологические показатели являются надежными индикаторами функциональных резервов данных систем организма.

АПК-НЗ состоит аудиовизуального ритмолидера, кардио-монитора и шести безопасных пластиковых платформ разной высоты (5, 10, 20, 30, 40 и 50 см), на которые должны на шагивать испытуемые. Двухступенчатый степ-тест выполняется в темпе 30 подъемов за минуту. Каждый цикл с подъемом и возвратом в исходное положение состоит из четырех тактов. На первый сигнал испытуемый ставит одну ногу на платформу; на второй сигнал он поднимает себя на платформу и приставляет другую ногу. При третьем сигнале одна нога опускается на пол, а в четвертом такте вторая нога опускается на пол, распределяя массу тела на обе ноги. По завершении подъема на каждую платформу у испытуемого измеряют ЧСС и фиксируют в протоколе.



Рис. 1. Аппаратно-программный комплекс АПК-НЗ

При тестировании платформа высотой 5 см может использоваться и как стартовая площадка перед платформами 20, 30, 40, 50 см, что увеличивает до десяти число возможных высот и соответственно мощностей нагрузки. Выбор высоты платформ в степ-тесте зависит от возраста, пола, физического состояния и анатомо-морфологических особенностей человека.

В экспериментах с тестированием населения на АПК-НЗ физиологические реакции организма исследовались автоматическим метабографом *MedGraphics-VO2000* с программным обеспечением «*Breeze*». В непрерывном режиме измерялись: частота пульса, объем легочного дыхания, потребление кислорода, выделение углекислого газа, дыхательный коэффициент, расход энергии, уровень метаболиз-

ма, а на финише каждой платформы контролировалось АД. В соответствии с рекомендациями ВОЗ при нагрузочном тестировании предельно допустимая ЧСС определяется по формуле: $ЧСС_{д=220} - \text{возраст}$.

Исследования показали, что наиболее эффективным, доступным и информативным является тест с последовательным подъемом по 3 мин на две платформы разной высоты. Общая продолжительность степ-теста составляет 6 мин, что является достаточно напряженной физической нагрузкой с общим расходом энергии 40-70 ккал (167,5-293 кДж, в зависимости от массы тела человека). Высота второй платформы должна превышать первую на 50-100%. Интервал между подъемом на первую и вторую платформы не должен превышать 10-15 с, что позволяет организму на второй нагрузке более плавно выйти на «устойчивое метаболическое равновесие» (*steadystate*).

Результаты и их обсуждение. В 2014-2015 гг. в «полевых условиях» с использованием АПК-НЗ было обследовано 2076 человек разного возраста и пола. Допуск к нагрузочному тестированию определялся первичным врачебным осмотром с измерением в покое ЧСС, артериального давления, массы и роста тела. Обследование школьников и студентов проводилось в спортивных залах в рамках учебных занятий по физической культуре. В табл. 1 и 2 представлены показатели физиологических реакций организма детей и молодежи в степ-тестах, которые основаны на статистическом анализе данных обследования 2076 человек. Более 95% обследованных характеризуются такими показателями организма и лишь 5% имели некоторые отклонения от этих величин. Можно отметить, что интенсивность физиологических реакций организма юношей и девушек в степ-тесте на платформах высотой 30-40 см является аналогом реакции организма при выполнении теста в беге на 2 и 3 км из школьной и университетской учебной программы по физической культуре.

Таблица 1

Физиологические показатели у представителей мужского пола в возрасте 7-50 лет при тестировании на АПК-НЗ

Возраст, лет	Высота платформы, см	Мощность, Вт	ЧСС, уд/мин	Вентиляция легких, л/мин	Потребление O_2 , л/мин	Метаболический эквивалент нагрузки, MET	Расход энергии, ккал/мин	АД после нагрузки, мм.рт.ст.
7-8	10	19±1,7	131±20	14±2,1	0,6±0,14	5,9±0,5	2,8±0,3	105/57
	15	28±2,5	138±19	22±2,2	0,8±0,16	7,9±0,4	3,8±0,3	110/58
	20	38±3,8	151±23	28±3,5	1,1±0,15	9,9±0,5	5,5±0,8	115/60
9-10	10	24±2,5	122±13	20±2,1	0,7±0,15	5,4±0,6	3,4±0,5	118/66
	15	36±5,7	138±23	27±2,9	1,0±0,15	7,5±0,4	4,7±0,9	123/67
	20	48±5,3	147±20	34±4,2	1,2±0,16	9,3±0,4	5,8±0,8	128/69
	30	72±7,4	157±9	39±3,8	1,4±0,17	10,8±0,6	6,7±0,7	140/72
11-13	10	31±2,9	122±8	25±1,2	0,9±0,12	5,4±0,3	4,3±0,3	134/70
	15	47±3,6	133±7	33±1,6	1,2±0,15	7,1±0,3	5,8±0,6	135/70
	20	62±4,8	138±7	42±1,9	1,5±0,15	8,9±0,6	7,2±0,5	142/73
	25	78±3,5	144±8	48±3,1	1,7±0,18	10,1±0,9	8,5±0,9	152/75
	30	94±10,3	153±8	53±4,7	1,9±0,19	11,3±0,8	9,1±0,7	157/76
14-16	15	61±4,4	127±9	34±2,6	1,2±0,17	5,4±0,4	5,8±0,4	145/79
	20	82±3,1	137±7	42±2,9	1,5±0,16	6,8±0,5	7,2±0,5	151/81
	25	102±9,1	149±12	56±2,2	2,0±0,19	9,1±0,5	9,2±0,7	158/83
	30	123±7,2	158±11	64±3,5	2,3±0,16	10,4±0,5	11,0±0,6	163/84
	35	164±15,1	171±8	73±5,9	2,6±0,21	11,8±0,7	12,5±0,7	165/87
17-25	15	67±5,4	123±10	45±1,7	1,6±0,26	6,7±0,4	8,1±0,8	148/78
	20	95±9,3	135±11	62±2,5	2,2±0,25	9,1±0,6	10,6±0,8	155/80
	25	112±6,7	143±8	68±2,9	2,4±0,25	9,9±0,5	11,7±0,7	163/82
	30	135±7,6	151±9	71±3,2	2,5±0,32	10,5±0,7	12,2±0,6	166/83
41-50	5	26±7,5	111±7	38±2,3	0,9±0,15	4,6±0,5	4,7±0,3	140/70
	10	52±8,3	120±9	52±2,6	1,5±0,22	7,4±0,5	7,8±0,7	150/65
	20	105±9,1	138±11	71±2,7	2,3±0,24	9,8±0,7	11,5±0,7	162/60
	30	160±7,8	167±9	88±3,3	2,9±0,34	11,5±0,8	13,8±0,5	175/50

Как видно из табл. 1, у мальчиков 11-13 лет степ-тест на платформе высотой 10 см представляет собой легкую аэробную нагрузку (мощность в среднем 31 Вт/мин) и сопровождается следующими показателями: ЧСС 121±10 уд./мин; легочная вентиляция 25±1,2 л/мин; потребление кислорода 0,9±0,16 л/мин; расход энергии 4,5-4,7 ккал/мин и метаболический эквивалент 5,4±0,3 ед.

Тестовая нагрузка для мальчиков этого возраста на платформе высотой 20 см (мощность 62 Вт/мин) характеризуется: ЧСС 13±7 уд./мин; вентиляцией легких – 42±1,9 л/мин; потреблением кислорода 1,5±0,15 л/мин; расходом энергии 7,21±0,9 ккал/мин; МЕТ –8,9±0,6 ед. Более интенсивная метаболическая реакция организма подростков выявляется при тестировании на платформе высотой 30 см (мощность в среднем 94 Вт/мин): ЧСС – 153±8 уд./мин; легочная вентиляция – 53±4,7 л/мин; потребление кислорода – 1,9±0,19 л/мин; расход энергии 9,1±0,7 ккал/мин; МЕТ 11,3±0,8 ед.

Артериальное давление у всех подростков на финише этого теста не превышало 180/60 мм рт. ст. и в течение 1 мин восстанавливалось до 130-140/80-90, что является вполне адекватной и безопасной реакцией на такую нагрузку.

У молодых практически здоровых мужчин 17-25 лет тестовая нагрузка на степ-платформе высотой 40 см (мощность 180 Вт/мин) сопровождалась следующими показателями: ЧСС – 180±8 уд./мин; вентиляция легких – 80±4,1 л/мин; потребление кислорода – 2,9±0,18 л/мин; расход энергии – 14,4±0,7 ккал/мин; МЕТ – 12,0±0,7 ед.; артериальное давление не более – 185/60 мм рт. ст. (в пределах нормы для такой нагрузки).

Таблица 2

Физиологические показатели у лиц женского пола в возрасте 7-50 лет при тестировании на АПК-НЗ

Возраст, лет	Высота платформы, см	Мощность, Вт	ЧСС, уд./мин	Вентиляция легких, л/мин	Потребление O ₂ , л/мин	Метаболический эквивалент нагрузки, МЕТ	Расход энергии, ккал/мин	АД после нагрузки, мм.рт.ст.
7-8	10	18±2,4	130±10	14±2,1	0,5±0,15	5,1±0,4	2,4±0,2	105/60
	15	27±3,8	143±12	20±1,9	0,7±0,22	7,1±0,7	3,5±0,5	110/63
	20	36±5,2	153±14	28±3,6	1,0±0,25	10,2±1,2	4,8±0,6	116/66
9-10	10	23±1,7	131±7	19±1,7	0,7±0,18	5,7±0,4	3,3±0,2	117/66
	15	34±2,3	139±10	25±1,5	0,9±0,15	7,3±0,4	4,3±0,2	123/67
	20	46±4,3	149±14	28±1,4	1,0±0,21	8,2±0,7	5,0±0,3	128/69
	25	57±4,4	158±11	37±2,2	1,3±0,18	10,6±0,9	6,2±0,3	141/73
11-13	10	31±1,7	121±9,9	25±1,5	0,9±0,16	5,4±0,4	4,3±0,2	136/71
	15	47±4,1	131±10	31±1,3	1,1±0,15	6,8±0,4	5,7±0,3	142/72
	20	62±3,2	145±10	35±2,1	1,2±0,29	7,2±1,1	5,8±0,3	147/76
	25	78±4,8	158±8	45±3,7	1,6±0,22	9,5±0,7	7,7±0,6	151/74
14-16	10	36±3,1	134±10	28±1,7	1,0±0,16	5,1±0,5	4,8±0,4	138/76
	15	55±3,9	143±6	31±2,6	1,1±0,18	5,7±0,3	5,5±0,4	142/76
	20	73±6,1	153±14	39±2,2	1,4±0,22	7,0±0,5	6,6±0,6	148/78
	25	91±5,8	162±12	45±3,1	1,6±0,26	8,1±0,4	7,8±0,6	156/80
	30	109±5,4	172±9	51±3,6	1,8±0,25	9,2±0,5	9,0±0,7	159/81
17-25	10	37±1,6	136±8	33±2,4	1,2±0,16	5,9±0,4	5,7±0,5	140/77
	15	56±3,8	150±7	39±2,4	1,4±0,15	7,2±0,3	6,9±0,5	145/79
	20	74±6,8	148±13	41±3,3	1,5±0,25	7,4±0,7	7,4±0,4	152/81
	25	93±7,5	161±10	48±3,2	1,7±0,25	8,6±0,6	8,3±0,6	159/82
	30	111±6,5	167±10	56±3,5	2,0±0,31	9,8±0,4	9,6±0,9	161/86
41-50	5	22±7,5	113±7	33±2,3	0,7±0,15	3,6±0,5	3,5±0,3	130/65
	10	45±8,3	122±9	41±2,6	1,2±0,22	6,1±0,5	5,9±0,7	145/62
	20	90±9,1	144±11	59±2,7	1,8±0,24	8,5±0,7	9,1±0,7	160/60
	30	135±7,8	170±9	67±3,3	2,2±0,34	10,4±0,8	10,8±0,5	172/50

Показатели физиологических реакций организма лиц женского пола всех возрастов почти повторяют общую картину, выявленную у представителей мужского пола. Пропорциональное повышение мощности физической нагрузки в степ-тесте сопровождается аналогичным повышением ЧСС, потребле-

ния O_2 и интенсивностью метаболизма. Для примера, на рис. 1 и 2 показана динамика ЧСС и MET у молодых людей 14-16 лет в тестах на платформах разной высоты при стандартном темпе шага.

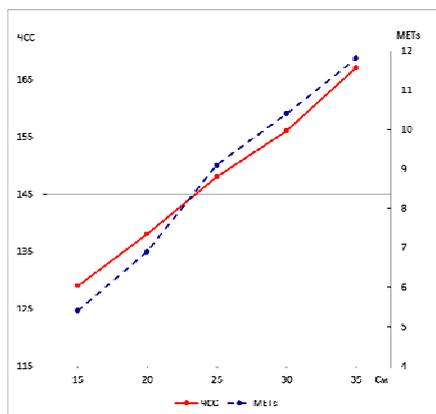


Рис. 2. Динамика ЧСС и показателя METs при подъеме на платформы разной высоты в степ-тесте «Навигатор здоровья» (м, 14-16 лет)

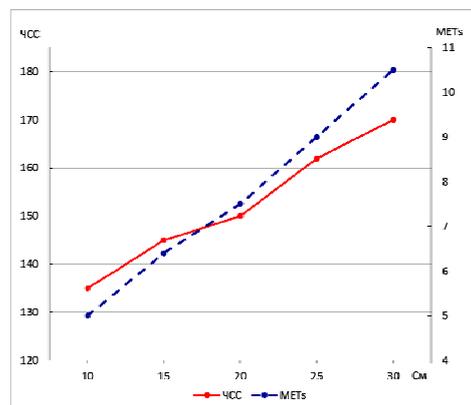


Рис. 3. Динамика ЧСС и показателя METs при подъеме на платформы разной высоты в степ-тесте «Навигатор здоровья» (ж, 14-16 лет)

По мере возрастания мощности тестовой нагрузки, показатели ЧСС и MET повышаются почти линейно. Показатели MET и PO_2 имеют выраженную корреляцию с объемами легочной вентиляции, систолического выброса и минутного кровотока, которые вычисляются ПС-НЗ по известным формулам [1,2]. Это дает основание при тестировании на платформах любой высоты вычислять уровень MET и потребление O_2 только по данным ЧСС и мощности нагрузки (т.е. высоты платформы). Комплекс этих показателей с полным основанием можно рассматривать в качестве индикаторов здоровья сердца, сосудистой системы и дыхательного аппарата. Функциональная недостаточность любого из перечисленных сегментов организма неминуемо повлияет на уровень метаболизма, т.е. соматическое здоровье и работоспособность человека.

Заключение. Анализ базы данных обследованного за последние годы населения показывает, что 65-70% людей в возрасте 40-55 лет имеют низкие показатели функциональных резервов ССС и дыхательного аппарата, что позволяет отнести их к группе риска. Среди школьников и студентов Москвы низкий уровень развития ССС и дыхательного аппарата отмечается у 55% обследованных [9]. Выявление на ранних возрастных этапах низких показателей ССС и дыхательного аппарата позволяет организовать целевую профилактику этих групп населения на основе физкультурно-оздоровительных программ и защитить организм от развития преждевременных заболеваний. Это снизит нагрузку на клинические медицинские учреждения и позволит перераспределить средства на организацию массовых профилактических мероприятий [3]. Только для пациентов с крайне низкими показателями ССС, т.е. выраженными факторами риска заболеваний может потребоваться углубленная клиническая диагностика.

Компактный и мобильный АПК-НЗ можно быстро развернуть в медицинском кабинете или спортивном зале любого учреждения организовать профилактическое экспресс-обследование по 35-40 человек в день с формализованной оценкой общего уровня соматического здоровья по 8 наиболее информативным показателям организма (ЧСС, АД, весоростовой индекс, долю жирового компонента, MET, PWC170, СОК, МОК и [3].

АПК-НЗ предоставляет возможность на основе данных экспресс-тестирования автоматически разработать индивидуальную программу эффективного двигательного режима сповышения функциональных резервов ССС и целью защиты от преждевременного развития заболеваний.

Литература

1. Амосов Н.М. Раздумья о здоровье. 3-е изд., доп., перераб. М.: Физкультура и спорт, 1987. 64 с.
2. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиографические критерии физической работоспособности у спортсменов. М.: Советский спорт, 2009. 348 с.
3. Григорьев А. И., Орлов В. А. Технология «Навигатор здоровья» как компонент диспансеризации населения: Материалы Российского медицинского форума-2006. М.: Медицина, 2006. С. 36–47.
4. Дальский Д.Д., Зверев В.Д., Науменко Э.В., Несмеянов А.А., Орлов В.А., Таймазов В.А., Фудин Н.А., Хадарцев А.А. Физиологический пауэрлифтинг: Монография / Под ред. Таймазова В.А., Хадарцева А.А. Тула: ООО «Тулский полиграфист», 2013. 120 с.

5. Здоровье здорового человека. Научные основы восстановительной медицины. Под ред. Разумова А.Н., Покровского В.И. М.: РАМН, РНЦ Восстановительной медицины и курортологии Росздравнадзора, 2007. 545 с.
6. Орлов В.А., Григорьев А.И., Журова С.С. Патент на изобретение «Способ оценки резервов физического здоровья и работоспособности населения» № 2441580 от 10.02.2012.
7. Таймазов В.А., Дальский Д.Д., Науменко Э.В., Хадарцев А.А., Зверев В.Д., Фудин Н.А., Орлов В.А., Протченко К.В., Викторов В.В., Корешников Д.В., Еськов В.М., Несмеянов А.А. Коррекция функционального состояния спортсменов суммированным индексом оперативного контроля // Вестник новых медицинских технологий. 2012. № 4. С. 203–208.
8. Фудин Н.А., Судаков К.В., Хадарцев А.А., Умрюхин Е.А., Дедов В.И., Княжев В.А., Орлов В.А., Гуменюк В.А., Классина С.Я., Батова Н.Я. Реабилитация лиц, подвергшихся стрессорным и неблагоприятным экологическим воздействиям. Методические рекомендации / Под общ. ред. Судакова К.В. М., 1996. 33 с.
9. Фудин Н.А., Хадарцев А.А., Орлов В.А. Медико-биологические технологии в спорте. М., Тула. Изд. «Известия», 2011. 459 с.
10. Хадарцев А.А., Еськов В.М. Системный анализ, управление и обработка информации в биологии и медицине. Ч. VI. Системный анализ и синтез в изучении явлений синергизма при управлении гомеостазом организма в условиях саногенеза и патогенеза: Монография / Под ред. Еськова В.М., Хадарцева А.А. Самара: ООО «Офорт», 2005. 153 с.
11. Хадарцев А.А., Еськов В.М., Козырев К.М., Гонтарев С.Н. Медико-биологическая теория и практика: Монография / Под ред. Тыминского В.Г. Тула: Изд-во ТулГУ – Белгород: ЗАО «Белгородская областная типография», 2011. 231 с.
12. Хадарцев А.А., Тутельян В.А., Зилов В.Г., Еськов В.М., Кидалов В.Н., Карташова Н.М., Разумова Э.М., Фудин Н.А., Чуб С.Г., Якушина Г.Н., Олейникова М.М., Валентинов Б.Г., Митрофанов И.В. Теория и практика восстановительной медицины: Монография / Под ред. Тутельяна В.А. Тула: Тульский полиграфист Москва: Российская академия медицинских наук, 2004. Т. I. 248 с.
13. Astrand P.O. Aerobic work capacity in men and woman // Acta Physiol. Scand. 1960. №49 (Suppl.1969). P. 1–9.
14. Principles of Exercise Testing and Interpretation. 2nd edition. Williams & Wilkins. A Waverly Company, 1994. 479 p.
15. Shephard R. J. The relative merits of the step test, bicycle ergometer, and treadmill in the assessment of cardiorespiratory fitness // Arbeitsphysiologie. 1966. P. 384.

References

1. Amosov NM. Razdum'ya o zdorov'e [Thinking about health]. 3-e izd., dop., pererab. Moscow: Fizkul'tura i sport; 1987. Russian.
2. Belotserkovskiy ZB. Ergometricheskie i kardiograficheskie kriterii fizicheskoy rabotosposobnosti u sportsmenov [Ergometric and cardiographic criteria for physical performance in athletes]. Moscow: Sovetskiy sport; 2009. Russian.
3. Grigor'ev AI, Orlov VA. Tekhnologiya «Navigator zdorov'ya» kak komponent dispanserizatsii naseleniya [Technology "Health Navigator" as a component of population health examinations]: Materialy Rossiyskogo meditsinskogo foruma-2006. Moscow: Meditsina; 2006. Russian.
4. Dal'skiy DD, Zverev VD, Naumenko EV, Nesmeyanov AA, Orlov VA, Taymazov VA, Fudin NA, Khadartsev AA. Fiziologicheskii pauerlifting [Physiological powerlifting]: Monografiya. Pod red. Taymazova VA, Khadartseva AA. Tula: ООО «Tul'skiy poligrafist»; 2013. Russian.
5. Zdorov'e zdorovogo cheloveka. Nauchnye osnovy vosstanovitel'noy meditsiny [Scientific basis for regenerative medicine]. Pod red. Razumova AN, Pokrovskogo VI. Moscow: RAMN, RNTs Vosstanovitel'noy meditsiny i kurortologii Roszdravnadzora; 2007. Russian.
6. Orlov VA, Grigor'ev AI, Zhurova SS. Patent na izobretenie «Sposob otsenki rezervov fizicheskogo zdorov'ya i rabotosposobnosti naseleniya» [The patent for the invention "Method of estimation of reserves of physical health and the health of the population"] № 2441580 ot 10.02.2012. Russian.
7. Taymazov VA, Dal'skiy DD, Naumenko EV, Khadartsev AA, Zverev VD, Fudin NA, Orlov VA, Protchenko KV, Viktorov VV, Koreshnikov DV, Es'kov VM, Nesmeyanov AA. Korrektsiya funktsional'nogo sostoyaniya sportsmenov summirovannym indeksom operativnogo kontrolya [Correction of functional state of athletes summed index operational control]. Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy. 2012;4:203-8. Russian.
8. Fudin NA, Sudakov KV, Khadartsev AA, Umryukhin EA, Dedov VI, Knyazhev VA, Orlov VA, Gu-men'yuk VA, Klassina SY, Batova NYa. Reabilitatsiya lits, podverghshikhsya stressornym i neblagopriyatnym ekologicheskim vozdeystviyam [Rehabilitation of persons exposed to stressor and adverse environmental impacts]. Metodicheskie rekomendatsii. Pod obshch. red. Sudakova KV. Moscow; 1996. Russian.

9. Fudin NA, Khadartsev AA, Orlov VA. Mediko-biologicheskie tekhnologii v sporte [Biomedical technology in sport]. Moscow, Tula: Izd. «Izvestiya»; 2011. Russian.

10. Khadartsev AA, Es'kov VM, Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii v biologii i meditsine [System analysis, management and processing of information in biology and medicine]. Ch. VI. Sistemnyy analiz i sintez v izuchenii yavleniy sinergizma pri upravlenii gomeostazom organizma v usloviyakh sanogeneza i patogeneza: Monografiya. Pod red. Es'kova VM, Khadartseva AA. Samara: OOO «Ofort»; 2005. Russian.

11. Khadartsev AA, Es'kov VM, Kozyrev KM, Gontarev SN. Mediko-biologicheskaya teoriya i praktika: Monografiya [Biomedical Theory and Practice: Monograph]. Pod red. Tyminskogo VG. Tula: Izd-vo TulGU – Belgorod: ZAO «Belgo-rodskaya oblastnaya tipografiya»; 2011. Russian.

12. Khadartsev AA, Tutel'yan VA, Zilov VG, Es'kov VM, Kidalov VN, Kartashova NM, Naumova EM, Fudin NA, Chub SG, Yakushina GN, Oleynikova MM, Valentinov BG, Mitrofanov IV. Teoriya i praktika voss-tanovitel'noy meditsiny: Monografiya [Theory and practice of regenerative medicine: Monograph]. Pod red. Tutel'yana VA. Tula: Tul'skiy poligrafist Moskva: Rossiyskaya akademiya meditsinskikh nauk; 2004. Russian.

13. Astrand PO. Aerobic work capacity in men and woman. Acta Physiol. Scand. 1960;49 (Suppl.1969).

14. Principles of Exercise Testing and Interpretation. 2nd edition. Williams & Wilkins. A Waverly Company, 1994.

15. Shephard RJ. The relative merits of the step test, bicycle ergometer, and treadmill in the assessment of cardiorespiratory fitness. Arbeitsphysiologie. 1966:384.

Библиографическая ссылка:

Орлов В.А., Фудин Н.А., Фетисов О.Б., Стрижакова О.В., Новикова И.Н. Индикаторы функциональных резервов сердечно-сосудистой и дыхательной систем организма человека // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2017. №1. Публикация 2-18. URL: <http://www.medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2017-1/2-18.pdf> (дата обращения: 02.03.2017). DOI: 10.12737/25084.