

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

УДК 796/799+612.133

Антонов А.А.

ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России

UNIVERSAL TECHNOLOGY DIAGNOSTICS FUNCTIONAL STATE OF ORGANISM OF SPORTSMEN BASED ON THE INTEGRAL INDICES OF CARDIOVASCULAR SYSTEM

Antonov AA.

FSBEI APE «Russian Medical Academy of Continuing Professional Education» The Ministry of Health Russian Federation

Введение.

Для оценки общего функционального состояния организма (ФСО) спортсменов существует множество тестов, которые основаны на анализе показателей сердечно-легочной системы под влиянием значительных (чаще всего максимальных) физических нагрузок. Это тестирование имеет множество недостатков:

- Не объективно. Сильно зависит от мотивации самого спортсмена.
- Проводится в крупных медицинских центрах – далеко от мест учебно-тренировочных сборов (УТС) и соревнований.
- Отсутствует четкое заключение об уровне спортивной формы.
- Не выявляет причины ухудшения ФСО.
- Не даёт рекомендации тренеру, врачу и самому спортсмену по улучшению ФСО.
- Нарушается привычный план подготовки к соревнованиям.
- Не проводится после или во время болезни или травмы.
- Для каждого вида спорта имеются свои нагрузочные пробы.
- Проводится в начале и конце спортивного сезона и во время соревновательных пауз.
- Ограничение возраста (15-40 лет).

Спортсмену и тренеру крайне необходимо иметь объективную информацию об уровне ФСО в любой период годового тренировочно-соревновательного цикла, но особенно непосредственно перед соревнованиями. То есть существует острая необходимость в такой технологии оценки ФСО, которая бы исключала вышеперечисленные недостатки.

Функциональное состояние организма (ФСО).

Этот термин часто используется в литературе [5, 7, 10, 12]. Однако в указанных работах не приводится определение этого термина, то есть подразумевается, что его семантика общеизвестна, и он всем понятен. Но реальная ситуация такова, что определение ФСО отсутствует в Большой Медицинской Энцикло-

педии и каких-либо руководствах по физиологическим наукам.

Термин "функциональное состояние" широко используется физиологами при оценке какой-либо биологической системы, например, дыхательной, сердечно-сосудистой, нервной, пищеварительной и т. д. Исходя из определения физиологии, как науки, изучающей жизнедеятельность целостного организма, его частей и взаимодействие его с окружающей средой [15], можно полагать, что наряду с функциональным состоянием "частей организма", существует категория функционального состояния целостного организма или ФСО.

Отсутствие в физиологическом лексиконе определения термина ФСО связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, с недостаточностью наших знаний об интегральной деятельности организма и отсутствием методов её контроля. Во-вторых, – с уклоном современных исследований в сторону изучения частностей [4, 13].

Президент Международного союза по физиологическим наукам Э. Р. Вейбл (1998) отметил, что одной из главных задач физиологической науки 21-го века является создание "новой интегральной физиологии" [4]. И клиницисты уже разрабатывают концепции "интегральной медицины" [2, 14].

Разработка критериев оценки функционального состояния и адаптационных резервов организма необходима для оптимизации физического развития и спортивной подготовки всевозможных профессиональных групп [7].

Проблема определения термина "ФСО" тесно переплетается с терминологическими спорами вокруг понятия "здоровье". Эти термины, по сути, являются синонимами. Поэтому системный анализ категории "здоровье" позволяет приблизиться к пониманию термина "ФСО".

Существует множество различных определений термина "здоровье", что указывает на нерешенность методологического аспекта при оценке деятельности организма как целостной системы [8, 9].

Наиболее распространенными терминами для определения понятия «здоровье» являются: "работоспособ-

ность" [6], "трудовая деятельность" [1], "физические способности" [11].

Эти термины означают возможность функционирования в определенных условиях внешней среды, то есть характеризуют устойчивость гомеостатических показателей при воздействии различных по силе внешних факторов. Зайчик А. Ш. и Чурилов Л. П. определяют здоровье как "устойчивую форму жизнедеятельности, обеспечивающую экономичные оптимальные механизмы приспособления к окружающей среде и позволяющую иметь функциональный резерв, используемый для ее изменения" [8].

Воробьев К. П. считает, что ФСО – это интегральная характеристика состояния здоровья, которая отражает адаптивные возможности организма и оценивается по данным изменений функций и структур в текущий момент при взаимодействии с факторами внешней среды [3].

Таким образом, можно сказать, что ФСО – это интегральная характеристика состояния здоровья, отражающая уровень функционирования организма (жизнедеятельности), обеспечивающий работу механизмов приспособления к окружающей среде и позволяющий иметь функциональные резервы и адаптационные возможности, которые могут быть израсходованы при физической нагрузке, болезни, травме, беременности ...

Такое определение нацеливает нас на поиск количественных объективных показателей, отражающих:

- уровень функционирования организма,
- функциональные резервы,
- адаптационные возможности.

Чтобы исходно уравнивать всех обследуемых (в том числе спортсменов) в период диагностики ФСО, лучше всего проводить её в условиях покоя (без нагрузки) в горизонтальном положении на спине.

Учитывая вышеизложенное, мы считаем, что идеальная диагностика ФСО спортсменов должна удовлетворять следующим критериям:

1. Объективная. Не зависит от мотивации самого спортсмена.
2. Безнагрузочная (не нарушает планы подготовки во время УТС и соревнований).
3. Универсальная (для любого вида спорта) и занимает короткое время.
4. Интегральная (системная, многофункциональная).
5. Отражает адаптивные возможности организма (функциональные резервы).
6. Выявляет изменения ФСО (отражает динамику).
7. Обнаруживает нарушения отдельных физиологических функций.
8. Оценивает эффективность восстановительных мероприятий.
9. Не противопоказана при болезнях или травмах.
10. Не имеет возрастных ограничений (дети, взрослые, старики).

ФСО спортсменов и возможности его измерения. В организме спортсмена под влиянием многолетних тренировочных и соревновательных нагрузок происходит функциональная перестройка. Наиболее всего она заметна в перестройке мышечно-суставного аппарата. Но первостепенным фактором, лимитирующим работу мышц, является функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС) [16, 20, 23].

ССС участвует в выполнении пяти важных функций:

1. Доставка кислорода (DO_2) ко всем тканям, в том числе и к мышцам.

2. насыщение крови кислородом и вывод из тканей углекислого газа.

3. Теплообмен между тканями, органами и кожей.

4. Доставка энергетических и пластических веществ ко всем органам и тканям и отвод от них продуктов обмена.

5. Транспорт гормонов, медиаторов и иммунных веществ.

Физическая активность накладывает повышенные требования ко всем этим функциям. Доставка и потребление кислорода миокардом и другими мышцами резко возрастают. Обменные процессы ускоряются и образуют увеличенное количество продуктов распада. Расходование огромного количества питательных веществ и кислорода ведет к повышению температуры тела [46].

Под влиянием физической нагрузки в ССС происходят как мгновенные, так и долговременные изменения. Все эти изменения, в конечном счете, направлены на достижение оптимального обеспечения всего организма энергией. Поэтому при нагрузочном тестировании спортсменов наиболее универсальным и интегральным является показатель максимального потребления кислорода (МПК), отражающий функциональные возможности сердечно-сосудистой и дыхательной систем в энергообеспечении всего организма во время максимальной физической нагрузки. У элитных спортсменов при такой нагрузке минутный объем крови (МОК = СВ – сердечный выброс) может достигать 40 л/мин, а у не тренированных людей – только 20 л/мин [18].

МОК является главным фактором, определяющим МПК, как у спортсменов, так и у не спортсменов [31, 37]. Замечено, что чем выше МОК при физической нагрузке, тем выше ударный объем (УО) [26, 38]. Другим показателем, определяющим МОК, является частота сердечных сокращений (ЧСС), т.к. $МОК = УО \times ЧСС$. Но УО играет в увеличении МОК, а, следовательно, и в увеличении МПК, более значимую роль, поскольку у спортсменов и не спортсменов максимальная ЧСС почти одинаковая. Наиболее значимые различия у не спортсменов и спортсменов видны в максимальных значениях УО и МОК: 75 мл против 200 мл и 15 л/мин против 37 л/мин. Они соответственно показали разные МПК: 30 мл/кг/мин против 87 мл/кг/мин [37, 39].

Многочисленные исследования доказывают, что у спортсменов наблюдается выраженная корреляция между общим размером сердца (гипертрофия в покое) и объемом физической работы, МПК, МОК и УО [17, 23, 24, 41]. Причем, чем выше квалификация спортсмена в циклических видах спорта, тем больше МПК и больше увеличение УО [25, 30, 36, 43, 44].

Отмечено, что без физической нагрузки (в спокойном положении на спине) МОК и УО у спортсменов выше, чем у не тренированных здоровых людей [19, 21, 27, 41].

В формировании УО имеют большое значение объем циркулирующей крови, сократимость миокарда, артериальное давление (АД), сосудистое сопротивление, время изоволемического сокращения (РЕР) и время изгнания левого желудочка (VET) [22, 42, 46].

Регулярные продолжительные спортивные тренировки ведут к нарастанию массы сердца, что сопровождается увеличением конечного диастолического объема левого желудочка (КДО), гипертрофией межжелудочковой перегородки и задней стенки левого желудочка [34, 41].

Гипертрофия миокарда у спортсменов ведет к увеличению УО, большому максимальному МОК и низкой ЧСС в покое. За счет этого удлиняется время диастолы, как в спокойном состоянии, так и во время субмакси-

мальных физических нагрузок, что улучшает перфузию миокарда [40].

Повышенные мышечные нагрузки вызывают пролиферацию капилляров в скелетных и сердечной мышцах [28] с увеличением количества капилляров [29] и их размеров [33], что ведет к увеличению капиллярного кровотока и объема циркулирующей крови.

Физиологические изменения ССС зависят от вида спорта, интенсивности и объема тренировок, количества лет занятия спортом, пола, возраста, генетических факторов и размеров тела [35].

Для сглаживания вариаций размеров тела принято индексировать абсолютные показатели ССС (УО, МОК, КДО, DO_2) площадью поверхности тела, которая вычисляется исходя из роста, веса и пола. И тогда УО превращается в ударный индекс (УИ), МОК – в сердечный индекс (СИ), КДО – в конечный диастолический индекс (КДИ), а DO_2 – в индекс доставки кислорода (DO_2I) [32].

Материалы и методы. Объективная оценка отдельных систем организма с помощью всевозможного мониторингового оборудования давно и широко применяется в клинической медицине. Интегральный подход в оценке ФСО реализован в современном многофункциональном аппаратно-программном комплексе «Система интегрального мониторинга «Симона 111», предназначенном для неинвазивного измерения различных физиологических показателей центральной и периферической гемодинамики, транспорта и потребления кислорода, функции дыхания, температуры тела, функциональной активности мозга, активности вегетативной нервной системы и метаболизма. «Симона 111» применяется в кардиологии, пульмонологии, функциональной диагностике, спортивной медицине, анестезиологии и реаниматологии [2].

Из упомянутых выше медицинских показателей «Симона 111» может неинвазивно и одновременно измерять: УО, ЧСС, МОК, КДО, АД, насыщение гемоглобина артериальной крови (Hb) кислородом (SpO_2), доставку кислорода (DO_2), время диастолы, PEP, VET, сократимость миокарда, сосудистое сопротивление, объем циркулирующей крови и температуру тела.

Компьютерная программа многофункционального монитора «Симона 111» индексирует и выдает индивидуальные нормы 60-ти показателей ССС, которые зависят не только от размеров тела, но и его температуры, а также возраста и пола. Это позволяет легко определять отклонение всех показателей, как в сторону увеличения, так и уменьшения [2].

«Симона 111» создана с учетом современного представления о физиологии ССС и интегральных принципов исследования, которые базируются на одновременном и непрерывном измерении и оценке взаимодействия гемодинамических регуляторов, а именно, преднагрузки, сократимости миокарда и постнагрузки, формирующих АД и перфузионный кровоток (СИ). Последний, в свою очередь, обеспечивает доставку кислорода (DO_2I) в соответствии с метаболическими потребностями организма (Рис. 1) [2].

С помощью аппаратно-программного комплекса «Симона 111» мы провели за 8 лет более 4000 медицинских обследований спортсменов (юноши, молодежь и взрослые из сборных команд РФ и г. Москвы) из 23-х видов спорта: лыжное двоеборье, лыжные гонки, горные лыжи, шорт-трек, фристайл, сноуборд, скелетон, бобслей, сани, керлинг, хоккей с шайбой (женский и мужской), прыжки на лыжах с трамплина, бокс, самбо, теннис, футбол, волейбол, плавание, триатлон, велоспорт, тяжелая атлетика, борьба греко-римская, академическая гребля.

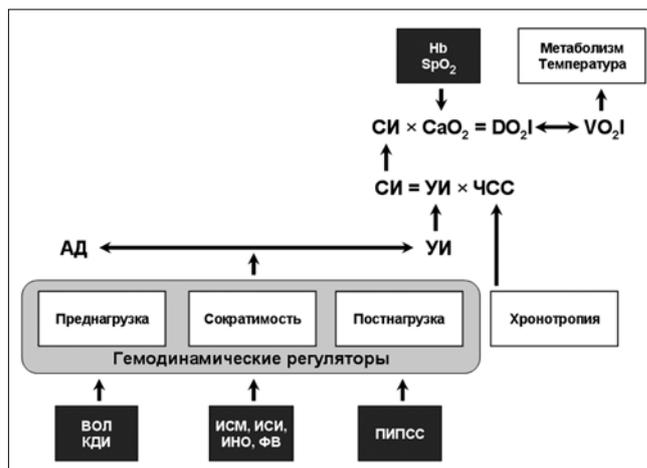


Рис. 1. Схема функционирования ССС и характеризующих её показателей. (расшифровку аббревиатур показателей ССС смотрите в тексте)

Наш опыт показывает, что применения аппарата «Симона 111» позволяет объективно проводить безнагрузочную диагностику ФСО с целью:

- ранжирования спортсменов во время тренировок и перед соревнованиями,
- отбора в национальные сборные команды, выявления перспективной молодежи,
- диагностики ФСО и контроля лечения спортсменов и любых пациентов всех возрастов (от 1 года до 96 лет),
- диагностики перетренированности и оценки тренировочных нагрузок,
- оптимизации индивидуальных планов тренировок и соревнований,
- избирательной коррекции нарушенных физиологических функций.

В настоящей публикации мы приводим в качестве примера типичные (без медицинских проблем) результаты диагностики ФСО у 8-ми активно тренирующихся и выступающих в соревнованиях мастеров спорта по лыжным гонкам (Таблица 1). Женщин 4 человека, мужчин 4 человека, возраст 19-24 года. Первое обследование проводили в утренние часы (10-30 – 12-00 часов), до тренировки, за 2-3 дня до соревнований (начало марта 2010 г.), т.е. примерно за месяц до окончания лыжного соревновательного сезона (пик спортивной формы уже прошел). Второе обследование проводили в то же самое время суток перед началом летнего тренировочного сбора (после отпуска – низкий уровень спортивной формы) в июне 2010 г.

Обследование одного спортсмена занимало не более 10 минут и проводилось в горизонтальном положении на спине в спокойном расслабленном состоянии. Результаты обследования изучались ретроспективно, поскольку «Симона 111» сохраняет все данные мониторинга более 30 лет. В каждом из обследований выбирался 4-5-минутный интервал, за который «Симона 111» вычисляла среднее взвешенное значение всех показателей.

Оценка ФСО проводилась по 3-м новым интегральным показателям, в состав которых входят ранее известные функциональные показатели ССС:

ВОЛ – волевический статус, преднагрузка левого желудочка, объем циркулирующей крови. Норма $0 \pm 20\%$. При гиповолемии $< -20\%$. При гиперволемии $> 20\%$.

ИСИ – индекс состояния инотропии ($1/сек^2$). Норма зависит от пола и возраста. Характеризует максимальное

ускорение крови при выбросе из левого желудочка в аорту. Увеличивается при улучшении и снижается при ухудшении сократимости миокарда.

ИСМ – индекс сократимости миокарда ($10^3 \cdot 1/\text{сек}$). Норма зависит от пола и возраста. Характеризует максимальную скорость выброса крови из левого желудочка в аорту. Увеличивается при улучшении и снижается при ухудшении сократимости миокарда.

ИНО – инотропия – сократимость левого желудочка. Норма $0 \pm 20\%$. При гипоинотропии $< -20\%$. При гиперинотропии $> 20\%$. Увеличивается при улучшении и снижается при ухудшении сократимости миокарда.

ФВ – фракция выброса левого желудочка. Норма $60 \pm 3\%$.

ПИПСС – пульсовой индекс периферического сосудистого сопротивления ($10^{-3} \cdot \text{дин} \cdot \text{сек} / \text{см}^5 / \text{м}^2$). Характеризует постнагрузку (периферическое сосудистое сопротивление).

УИРЛЖ – ударный индекс работы левого желудочка ($\text{г} \cdot \text{м} / \text{уд} / \text{м}^2$). Норма зависит от пола, возраста и температуры тела. Отражает суммарный баланс волеического статуса и сократимости левого желудочка. Коррелирует с работоспособностью.

КДИ – конечный диастолический индекс левого желудочка ($\text{мл} / \text{м}^2$). Норма зависит от пола и возраста. При нормоволемии низкий КДИ отражает сниженную диастолическую функцию левого желудочка. При улучшении этой функции КДИ увеличивается.

АДср – среднее артериальное давление (мм рт.ст.). Норма связана с возрастом. Интегральная величина всех видов артериального давления, отражает их средний уровень в течение одного сердечного цикла. Это гемодинамически значимое давление крови – движущая сила кровотока.

УИ – ударный индекс ($\text{мл} / \text{удар} / \text{м}^2$). Норма зависит от пола, возраста и температуры тела. Определяет вместе с АДср гемодинамический статус индивидуума.

СИ – сердечный индекс ($\text{л} / \text{мин} / \text{м}^2$). Норма зависит от пола, возраста и температуры тела. Отражает объем перфузионного кровотока крови. Коррелирует с работоспособностью.

DO₂I – индекс доставки кислорода ($\text{мл} / \text{мин} / \text{м}^2$). Прямо пропорционально зависит от содержания кислорода в артериальной крови (CaO_2) и перфузионного кровотока (СИ). Коррелирует с работоспособностью.

ИБ – интегральный баланс. Норма $0 \pm 100\%$. Представляет собой сумму %-ных отклонений от нормы всех вышеуказанных показателей. Чем больше отклонение в отрицательную сторону, тем меньше уровень функционирования сердечно-сосудистой системы (ССС) и всего организма в целом (ФСО). У пациентов в критических состояниях может снижаться до минус 700%. Чем больше отклонение в положительную сторону, тем больше уровень функционирования СССР и всего организма в целом (ФСО). У спортсменов высокого уровня в спокойном состоянии на пике спортивной формы может достигать 300-700%, а сразу же после соревнований или изнурительных тренировок может опускаться до минус 400%, но в течение нескольких часов или суток снова возвращается на прежний уровень. По динамике ИБ можно также судить о физиологической стоимости нагрузки и об эффективности восстановительных мероприятий.

КР – кардиальный резерв. Норма 5 ± 1 у.е. Отражает соотношение продолжительности фаз сердечного цикла (время диастолы, PEP, VET). У больных в критических состояниях снижается до единицы. У хорошо

тренированных спортсменов в спокойном состоянии может достигать одиннадцати, а при максимальных физических нагрузках может снижаться до единицы. КР при физических нагрузках расходуются (уменьшаются) для поддержания высокого ИБ. После соревнований или тренировок КР всегда ниже, чем у отдохнувшего спортсмена. По динамике КР (как и динамике ИБ) можно также судить о физиологической стоимости нагрузки и об эффективности восстановительных мероприятий. КР коррелирует с выносливостью организма.

АР – адаптационный резерв. Норма 500 ± 100 у.е. Отражает суммарный баланс ИБ и КР. У спортсменов высокого уровня в спокойном состоянии на пике спортивной формы может достигать 1500 у.е. Сразу же после соревнований или изнурительных тренировок АР может снижаться до 200 у.е., но в течение нескольких часов или суток снова возвращается на прежний уровень. У больных, находящихся в критическом состоянии, может снижаться до 50 у.е. По динамике АР (как и динамике ИБ и КР) можно судить о физиологической стоимости нагрузки и об эффективности восстановительных мероприятий.

Вышеуказанные показатели характеризуют 3 традиционные группы функциональных показателей ССС:

1. Центральная гемодинамика.

Гемодинамические регуляторы: преднагрузка (ВОЛ), сократимость миокарда (ИСИ, ИСМ, ИНО, ФВ), постнагрузка (ПИПСС).

Работа левого желудочка (УИРЛЖ).

Диастолическая функция: конечный диастолический индекс левого желудочка (КДИ).

Гемодинамический статус: АД среднее (АДср), ударный индекс (УИ).

2. Периферическая гемодинамика.

Перфузионный кровоток: сердечный индекс (СИ) и его регулятор – частота сердечных сокращений (ЧСС).

Транспорт кислорода: индекс доставки кислорода (DO_2I).

3. Интегральные показатели ССС: интегральный баланс (ИБ), кардиальный резерв (КР) и адаптационный резерв (АР).

Результаты

У всех 8-ми мастеров спорта по лыжным гонкам интегральные показатели (ИБ, КР, АР) в марте, т. е. за месяц до окончания лыжного соревновательного сезона (пик спортивной формы уже прошел) оказались значительно превышающими норму не спортсмена (обыкновенного человека) и отражали высокий уровень ФСО. При повторном обследовании, т.е. после отпуска (июнь) перед началом летнего тренировочного сбора (низкий уровень спортивной формы), эти показатели заметно уменьшились, оставаясь на высоком уровне, соответствующем уровню спортивной квалификации.

Выводы

1. Представлена новая универсальная технология безнагрузочной диагностики функционального состояния организма (ФСО) спортсменов.

2. ФСО – это интегральная характеристика состояния здоровья, отражающая уровень функционирования организма (жизнедеятельности), обеспечивающий работу механизмов приспособления к окружающей среде и позволяющий иметь функциональные резервы и адаптационные возможности, которые могут быть израсходованы при физической нагрузке, болезни, травме, беременности ...

Таблица 1. Интегральные показатели ФСО лыжников.

Женщины									
Показатель*	Норма**	1		2		3		4	
		Март	Июнь	Март	Июнь	Март	Июнь	Март	Июнь
ИБ	0±100	281	259	406	329	334	318	389	270
КР	5±1	9,41	9,16	6,60	5,82	6,91	6,50	6,57	6,23
АР	500±100	1205	1153	928	774	922	857	913	791
Мужчины									
Показатель*	Норма**	5		6		7		8	
		Март	Июнь	Март	Июнь	Март	Июнь	Март	Июнь
ИБ	0±100	355	236	432	347	451	375	387	286
КР	5±1	8,41	7,62	7,28	6,92	6,56	6,22	6,33	6,16
АР	500±100	1140	942	1043	932	952	855	878	792

* – расшифровку аббревиатур смотрите в тексте.

** – единицы измерений смотрите в тексте.

3. Первостепенным фактором, обеспечивающим высокое ФСО спортсмена, является функциональное состояние сердечно-сосудистой системы (ССС).

4. Интегральные показатели ССС: интегральный баланс, кардиальный резерв и адаптационный резерв, – объективно отражают ФСО спортсменов.

5. Аппаратно-программный комплекс «Система интегрального мониторинга «Симона 111» измеряет инте-

гральные показатели ССС, по которым можно безнагрузочно объективно оценивать ФСО спортсменов.

6. Данная универсальная технология безнагрузочной диагностики ФСО спортсменов может быть применена для объективной интегральной диагностики состояния здоровья различных категорий больных и оценки эффективности реабилитационных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Адо А.Д. Патологическая физиология. – 2000. 607 с.
- Антонов А.А., Буров Н.Е. Системный аппаратный мониторинг // Вестник интенсивной терапии. – 2010. – №3. – С. 8-12.
- Воробьев К.П. Клинико-физиологический анализ категорий функционального состояния организма в интенсивной терапии. Вестник интенсивной терапии. – 2001. – №2. – С. 3-8.
- Вейбл Э.Р. Будущее физиологии // Физиология человека. – 1998. – Т.24. – №4. – С. 5.
- Гедымин М.Ю., Соколов Д.К., Кандрор И.С. Об интегральной оценке функционального состояния организма // Физиология человека. – 1988. – №6. – С. 95-97.
- Горизонтов П.Д., Т.Н. Протасова. Роль АКТГ и кортикостероидов в патологии. М.: Медицина. – 1968. – 335 с.
- Желтиков А.А. Некоторые критерии оценки функционального состояния организма // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2001. – №3. – С. 56-57.
- Зайчик А.Ш., Чурилов Л.П. Основы общей патологии. СПб:ЭЛБИ. – 1999. – С. 12.
- Крутько В.Н. Подходы к "Общей теории здоровья" // Физиология человека. – 1994. -№6. – С. 34-42.
- Кулешов В.И., Чернов В.И. Влияние дозированной гипероксии на функциональное состояние организма // Гипербарическая физиология и медицина. – 1996. – № 4. – С. 31-32.
- Маркс К. «Капитал. Критика политической экономии». – 1867. – Глава: «Рабочий день».
- Никулина Г.А. Исследование статистических показателей сердечного ритма, как метод оценки функционального состояния организма при экстремальных воздействиях. Дисс... канд. мед. наук. – М. – 1974. – 147 с.
- Судаков К.В. О путях развития физиологии в 21 веке: размышления и прогноз. // Вестник российской академии медицинских наук. – 1998. – №9. – С. 54-56.
- Шифрин А.Г., Шифрин Г.А. Научные основы интегративной медицины. Руководство. Запорожье: Дикое поле. – 1999. – 200 с.
- Энциклопедический словарь медицинских терминов. М.- Сов. энцикл. – 1984. – Т.3. – С. 231.
- Иванова Г.Е., Ишутин Д.В., Герцик Ю.Г., Ишутина Р.Ш., Герцик Г.Я. К вопросу оценки состояния и перспектив применения принципов биомеханики движений в разработке импортозамещающих изделий и технологий медицинской реабилитации // Вестник восстановительной медицины. 2017. Т. 78. № 2. С. 36-42.
- Arkhipov M., Golovin V., Leskov A., Gercik Y., Kocherevskaya L. Prospects of robotics development for restorative medicine. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 540. P. 499-506.
- Basset L.R.Jr. and Howley E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000; 32. – P. 70-84.
- Bevegard S., Holmgren A., Jonsson B. Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position // Acta Physiol. Scand. – 1963; 57. – P. 26-50.
- Blomqvist G., Saltin B. Cardiovascular adaptations to physical training // Ann. Rev. Physiol. – 1983; 4J. – P. 169-189.
- Chapman C.B., Fisher J.N., Sproule B.J. Behavior of stroke volume at rest and during exercise in human beings // J. Clin. Investigation. – 1960; 30. – P. 1208-1213.
- Clausen J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man // Physiol. Rev. – 1977; 57. – P. 779-815.
- Eklund B. Effect of physical training on oxygen transport system in man // Acta Physiol. Scand. – 1969; (Suppl.) 328. – P. 5-45.
- Ekelund L. G., Holmgren A. Central hemodynamics during exercise // Circ. Rex. -1967; 20-21 (Suppl. I). – P. -133-143.
- Ferguson S., Gledhill N., Jamnik V.K., et al. Cardiac performance in endurance-trained and moderately active young women // Med. Sci. Sports Exerc. – 2001; 33. – P. 1114-1119.

26. Gertsik Y.G. Prospects of cluster initiatives in Russia and the Worldwide in development and implementation of High-Tech Medical Equipment/Health and Social Care Journal, N 2 (3), 2016.- P. 9-23
27. Grimby G., Nilsson N.J., Saltin B. Cardiac output during submaximal and maximal exercise in active middle-aged athletes // J. Appl. Physiol. – 1966; 21. – P. 1150–1156.
28. Hudlická O. Growth of capillaries in skeletal and cardiac muscle // Circ. Res. -1982; 50. – P. 451-461.
29. Ingjer F., Brodal P. Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained women // Eur. J. Appl. Physiol. – 1978; 38. – P. 291-299.
30. Krip B., Gledhill N., Jamnik V., et al. Effect of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise // Med. Sci. Sports Exerc. – 1997; 29. – P. 1469–1476.
31. Leyk D., Essfeld D., Hoffmann U., et al. Postural effect on cardiac output, oxygen uptake and lactate during cycle exercise of varying intensity // Eur. J. Appl. Physiol. – 1994; 68. – P. 30-35.
32. Milnor W.R. Hemodynamics // Williams & Wilkins. – 1982. – P. 136, 155.
33. Myrhage R., Hudlická O. Capillary growth in chronically stimulated adult skeletal muscle as studied by intravital microscopy and histological methods in rabbits and rats // Microvasc. Res. – 1978; 16. – P. 73-90.
34. Oakley D. The athlete's heart // Heart. – 2001; 86. – P. 722-726.
35. Pelliccia A. Determinants of morphologic cardiac adaptation in elite athletes: the role of athletic training and constitutional factors // Int. J. Sports Med. – 1996; 17 (Suppl. 3). – S. 157-163.
36. Proctor D.N., Beck K.C., Shen P.H., et al. Influence of age and gender on cardiac output VO2 relationships during submaximal cycle ergometry // J. Appl. Physiol. – 1998; 84. – P. 599–605.
37. Rowell L.B. Human circulation regulation during physical stress // New York: Oxford University Press. – 1986. – 432 pp.
38. Rowland T., Unnithan V., Fernhall B., et al. Left ventricular response to dynamic exercise in young cyclists // Med. Sci. Sports Exerc. – 2002; 34. – P. 637-642.
39. Rusko H. Training for cross country skiing // In Rusko H. (Ed.), Handbook of sports medicine and science. Cross country skiing. Oxford, Blackwell Science Ltd. – 2003. – P. 62-100.
40. Shephard R.J. The athlete's heart: is big beautiful? // Br. J. Sports Med. – 1996; 30. – P. 5-10.
41. Tummauori M. Long-term effects of physical training on cardiac function and structure in adolescent cross-country skiers. A 6.5-year longitudinal echocardiographic study. Jyväskylä, University of Jyväskylä. – 2004. – 151 p.
42. Vanfraechem J.H.P. Stroke volume and systolic time interval adjustments during bicycle ergometer // J. Appl. Physiol. – 1979; 46. – P. 588–592.
43. Vella C.A., Robergs R.A. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects // Br. J. Sports Med. – 2005; 39. – P. 190–195.
44. Warburton D.E.R., Gledhill N., Jamnik V.K., et al. Induced hypervolemia, cardiac function, VO2max, and performance of elite cyclists // Med. Sci. Sports Exerc. – 1999; 31. – P. 800–808.
45. Warburton D.E.R., Haykowsky M.J., Quinney H.A., et al. Myocardial response to incremental exercise in endurance-trained athletes: influence of heart rate, contractility and the Frank-Starling effect // Exp. Physiol. – 2002; 87. – P. 613–622.
46. Wilmore J.H. and Costill D.L. Physiology of Sport and Exercise: 3rd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics. – 2005.

REFERENCES

1. Ado AD. Pathological physiology. – 2000. 607 p.
2. Antonov AA, Burov N.e. System hardware monitoring // Bulletin of intensive therapy. – 2010. – №3. – P. 8-12.
3. Vorobiev K.. Clinical and physiological analysis of the categories of the functional state of the body in intensive care. Bulletin of intensive care. – 2001. – №2. – P. 3-8.
4. Weble ER. The future of physiology // Physiology of man. – 1998. – T.24. – № 4. – P. 5.
5. Gedimin MYu., Sokolov DK, Kandror IS. On the integral evaluation of the functional state of the organism // Physiology of man. – 1988. – №6. – P. 95-97.
6. Horizonts PD, Protasov TN. The role of ACTH and corticosteroids in pathology. M.: Medicine. – 1968. – 335 p.
7. Zheltikov AA. Some criteria for assessing the functional state of the organism // Physical culture: education, education, training. – 2001. – №3. – P. 56-57.
8. Zaichik ASh., Churilov LP. Fundamentals of general pathology. SPb: ELBI. – 1999. – P. 12.
9. Krutko VN. Approaches to the "General Theory of Health" // Physiology of man. – 1994. -№6. – P. 34-42.
10. Kuleshov VI, Chernov VI Influence of dosed hyperoxia on the functional state of the organism // Hyperbaric physiology and medicine. – 1996. – No. 4. – P. 31-32.
11. Marx K. "The Capital. Criticism of political economy. " – 1867. – Chapter: "Working day".
12. Nikulina G.A. The study of statistical parameters of the heart rhythm, as a method of assessing the functional state of the organism under extreme effects. Diss ... Cand. honey. sciences. – M. – 1974. – 147 p.
13. Sudakov K.V. On the ways of development of physiology in the 21st century: reflection and prediction. // Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences. – 1998. – №9. – P. 54-56.
14. Shifrin AG, Shifrin G.A. Scientific fundamentals of integrative medicine. Leadership. Zaporozhye: Wild Field. – 1999. – 200 p.
15. Encyclopaedic dictionary of medical terms. M.- Sov. encycl. – 1984. – T.3. – P. 231.
16. Ivanova GE, Ishutin DV, Gertsik YuG, Ishutina RSh, Gercik GYa. To the question of assessing the state and prospects of applying the principles of biomechanics of movements in the development of import substituting products and technologies for medical rehabilitation // Vestnik rekonstruktivnoy meditsiny. 2017. P. 78. № 2. P. 36-42.
17. Arkhipov M., Golovin V., Leskov A., Gercik Y., Kocherevskaya L. Prospects of robotics development for restorative medicine. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. T. 540. P. 499-506.
18. Basset L.R.Jr. and Howley E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000; 32. – P. 70-84.
19. Bevegard S., Holmgren A., Jonsson B. Circulatory studies in well trained athletes at rest and during heavy exercise, with special reference to stroke volume and the influence of body position // Acta Physiol. Scand. – 1963; 57. – P. 26–50.
20. Blomqvist G., Saltin B. Cardiovascular adaptations to physical training // Ann. Rev. Physiol. – 1983; 4J. – P. 169-189.
21. Chapman C.B., Fisher J.N., Sproule B.J. Behavior of stroke volume at rest and during exercise in human beings // J. Clin. Investigation. – 1960; 30. – P. 1208–1213.
22. Clausen J. P. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man // Physiol. Rev. – 1977; 57. – P. 779-815.
23. Ekblom B. Effect of physical training on oxygen transport system in man // Acta Physiol. Scand. – 1969; (Suppl.) 328. – P. 5-45.
24. Ekelund L. G., Holmgren A. Central hemodynamics during exercise // Circ. Res. -1967; 20-21 (Suppl. I). – P. -133-143.
25. Ferguson S., Gledhill N., Jamnik V.K., et al. Cardiac performance in endurance-trained and moderately active young women // Med. Sci. Sports Exerc. – 2001; 33. – P. 1114–1119.
26. Gertsik Y.G. Prospects of cluster initiatives in Russia and the Worldwide in development and implementation of High-Tech Medical Equipment/Health and Social Care Journal, N 2 (3), 2016.- P. 9-23
27. Grimby G., Nilsson N.J., Saltin B. Cardiac output during submaximal and maximal exercise in active middle-aged athletes // J. Appl. Physiol. – 1966; 21. – P. 1150–1156.
28. Hudlická O. Growth of capillaries in skeletal and cardiac muscle // Circ. Res. -1982; 50. – P. 451-461.
29. Ingjer F., Brodal P. Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance-trained women // Eur. J. Appl. Physiol. – 1978; 38. – P. 291-299.
30. Krip B., Gledhill N., Jamnik V., et al. Effect of alterations in blood volume on cardiac function during maximal exercise // Med. Sci. Sports Exerc. – 1997; 29. – P. 1469–1476.
31. Leyk D., Essfeld D., Hoffmann U., et al. Postural effect on cardiac output, oxygen uptake and lactate during cycle exercise of varying intensity // Eur. J. Appl. Physiol. – 1994; 68. – P. 30-35.
32. Milnor W.R. Hemodynamics // Williams & Wilkins. – 1982. – P. 136, 155.
33. Myrhage R., Hudlická O. Capillary growth in chronically stimulated adult skeletal muscle as studied by intravital microscopy and histological methods in rabbits and rats // Microvasc. Res. – 1978; 16. – P. 73-90.
34. Oakley D. The athlete's heart // Heart. – 2001; 86. – P. 722-726.

35. Pelliccia A. Determinants of morphologic cardiac adaptation in elite athletes: the role of athletic training and constitutional factors // *Int. J. Sports Med.* – 1996; 17 (Suppl. 3). – S. 157-163.
36. Proctor D.N., Beck K.C., Shen P.H., et al. Influence of age and gender on cardiac output VO₂ relationships during submaximal cycle ergometry // *J. Appl. Physiol.* – 1998; 84. – P. 599–605.
37. Rowell L.B. Human circulation regulation during physical stress // New York: Oxford University Press. – 1986. – 432 pp.
38. Rowland T., Unnithan V., Fernhall B., et al. Left ventricular response to dynamic exercise in young cyclists // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 2002; 34. – P. 637–642.
39. Rusko H. Training for cross country skiing // In Rusko H. (Ed.), *Handbook of sports medicine and science. Cross country skiing.* Oxford, Blackwell Science Ltd. – 2003. – P. 62-100.
40. Shephard R.J. The athlete's heart: is big beautiful? // *Br. J. Sports Med.* – 1996; 30. – P. 5-10.
41. Tummavuori M. Long-term effects of physical training on cardiac function and structure in adolescent cross-country skiers. A 6.5-year longitudinal echocardiographic study. Jyväskylä, University of Jyväskylä. – 2004. – 151 p.
42. Vanfraechem J.H.P. Stroke volume and systolic time interval adjustments during bicycle ergometer // *J. Appl. Physiol.* – 1979; 46. – P. 588–592.
43. Vella C.A., Robergs R.A. A review of the stroke volume response to upright exercise in healthy subjects // *Br. J. Sports Med.* – 2005; 39. – P. 190–195.
44. Warburton D.E.R., Gledhill N., Jamnik V.K., et al. Induced hypervolemia, cardiac function, VO₂max, and performance of elite cyclists // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1999; 31. – P. 800–808.
45. Warburton D.E.R., Haykowsky M.J., Quinney H.A., et al. Myocardial response to incremental exercise in endurance-trained athletes: influence of heart rate, contractility and the Frank-Starling effect // *Exp. Physiol.* – 2002; 87. – P. 613–622.
46. Wilmore J.H. and Costill D.L. *Physiology of Sport and Exercise: 3rd Edition.* Champaign, IL: Human Kinetics. – 2005.08.10.2017

РЕЗЮМЕ

Диагностике функционального состояния организма (ФСО) принадлежит ведущая роль в оценке спортивной формы. Спортивная медицина располагает довольно скудным набором технологий функциональной диагностики. Это оценка анализов крови, ЭКГ, АД, пульса и дыхания под влиянием значительных физических нагрузок. Такое тестирование применяется во всех ведущих спортивных федерациях мира, но имеет существенные недостатки, поскольку основано на анализе показателей сердечно-легочной системы под влиянием больших физических нагрузок. Поэтому такая диагностика не применяется накануне соревнований и противопоказана при наличии травм или заболеваний. Мы решили эту проблему и создали новую универсальную технологию диагностики ФСО спортсменов в покое, которая называется «Безнагрузочная диагностика функционального состояния организма спортсменов». Технология основана на анализе физиологических изменений организма, характерных для спортивной деятельности, и осуществляется с помощью отечественного многофункционального аппаратно-программного комплекса «Система интегрального мониторинга «Симона 111», который применяется как в клинической практике (кардиология, пульмонология, функциональная диагностика, интенсивная терапия), так и в спортивной медицине. «Симона 111» измеряет неинвазивно физиологические показатели центральной и периферической гемодинамики, внешнего дыхания, доставки и потребления кислорода, температуры тела, метаболизма и активности центральной и вегетативной нервной системы. Обследование спортсмена занимает не более 10 минут и проводится в горизонтальном положении на спине в спокойном расслабленном состоянии. Приведен пример применения этой технологии для диагностики функционального состояния организма у 8-ми мастеров спорта по лыжным гонкам. Интегральные показатели, отражающие функциональное состояние организма, продемонстрировали своё соответствие уровню спортивной квалификации.

Ключевые слова: спорт, физиология, функциональное состояние организма, диагностика.

ABSTRACT

The diagnostics functional state of the organism (FSO) plays the leading role in the assessment of physical shape. Sports medicine has a rather poor set of technologies of functional diagnostics. This includes the evaluation of laboratory indices (General blood analysis, Lactate, ALT, AST, etc.) and analysis of ECG, Blood Pressure, Heart Rate, and Respiratory Rate under the influence of significant physical activity. Such testing is used in all the leading sports federations of the world, but has a strong drawback because it is based on the analysis of indicators of cardiopulmonary system under the influence of intensive physical exercises. Therefore, this diagnostics is not applied during sports training, on the eve of competition and is contraindicated in the presence of any injury or disease. We have solved this problem and created the new universal diagnostic technology of FSO of athletes, which is called «Diagnostics functional state of the organism of athletes at rest». It is based on the analysis of physiological changes in the body characterized for the sports activity and is carried out using a multifunctional hardware-software complex «Integral Monitoring System «Symona 111». Survey one athlete is performed in the horizontal supine position in a quiet relaxed state and takes no more than 10 minutes. We perform non-invasive measurements of various physiological parameters of Central and peripheral hemodynamics, delivery and consumption of oxygen, respiratory function, body temperature, metabolism, activity of the Central and autonomic nervous system. «Symona 111» is used as in clinical practice (cardiology, pulmonology, functional diagnostics, anesthesiology, intensive care), and in sports medicine. This article shows an example of using this system. Data of assessment of functional status of the body of eight constantly-trained high level cross country skiers are presented. Some integrated indicators, reflecting functional status of the body, demonstrated its correspondence to theirs high level of sport qualification.

Keywords: sport, physiology, functional status of the body, diagnostics.

Контакты:

Антонов А.А. E-mail: sym111@mail.ru