

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ И ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМ У СПОРТСМЕНОВ

Олейник Н. А., Чибисов В. И., Рейдерман Ю. И. *, Скрипченко И. Т. **, Чередник Е. А*.

Харьковская государственная академия физической культуры

Днепродзержинский колледж физического воспитания

*Днепродзержинский государственный технический университет

**Днепропетровский государственный институт физической культуры

Аннотация. Разработана методика выполнения теста для определения физического статуса спортсмена. В основу теста положена оценка работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем по данным показателей левого желудочка. Решена объективно резонансная проблема группирования обследуемых по состоянию их организма, определяемому функциональными возможностями выполнять работу по преодолению физических нагрузок, и проблема допустимости работы, в том числе и по преодолению нагрузок во время тренировок и занятий физической культурой в режиме on-line. Решения указанных проблем дает обследование индивидуума и получение результатов по определяющим показателям.

Ключевые слова: желудочек, энергия, полезная работа, конечный объем, сокращение сердца.

Анотація. Олейник М. О., Чибісов В. І., Рейдерман Ю. І., Скрипченко І. Т., Чередник Є. О. Розробка методики визначення поточного стану серцево-судинної і дихальної систем у спортсменів. Розроблено методику виконання тесту визначення фізичного статусу спортсмена. В основу тесту покладена оцінка роботи серцево-судинної і дихальної систем організму за даними показників лівого шлуночка. Вирішена об'єктивно резонансна проблема складання груп обстежених за станом їх організму, що визначається функціональними можливостями виконувати фізичну роботу, а також проблема допустимих навантажень, у тому числі і за подоланням навантажень під час тренувань і занять фізичною культурою в режимі on-line. Рішення вказаних проблем дає обстеження індивідуума і одержання результатів з визначальними показниками.

Ключові слова: шлуночок, енергія, корисна робота, кінцевий об'єм, скорочення серця.

© Олейник Н. А., Чибисов В. И., Рейдерман Ю. И. *, Скрипченко И. Т. **, Чередник Е. А*., 2012



Abstract. Olejnik N., Chibisov V., Reiderman Yu., Skripchenko I., Cherednik Ye. Development of method of determination of current status of the cardiovascular and respiratory systems for sportsmen. *The technique of the test determine the physical status of the athlete. At the basis of the test evaluation of the cardiovascular and respiratory systems. Resonance problem solved objectively grouping as their body to determine their functional ability to work to overcome the problem of physical activity and the admissibility of work, including to overcome stress during exercise and physical training in a mode on-line. Solutions to these problems and gives a survey of the individual receiving the results of the determining parameters.*

Key words: ventricle, energy, useful work, eventual volume, reduction of heart.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для досягнення високого рівня майстерства спортсмену приходится выполнять большой объем работы, зачастую высокой интенсивности. Проблема определения двигательных возможностей спортсмена, в том числе и возможностей систем обеспечения двигательной деятельности, всегда была актуальной.

В медицине, физиологии, педагогике применяется огромное количество методик [1; 2; 3; 8] для оценки готовности сердечно-сосудистой и дыхательной систем к выполнению нагрузок. К сожалению, большинство из этих методик сложны и трудоемки [9], а потому тренер и спортсмены при решении ряда вопросов (быть тренировке или нет, какую нагрузку допустить и др.) предпочитают доверять самочувствию спортсмена. В тоже время известно, что хорошее самочувствие не идентично хорошему состоянию здоровья. Допуск же к тренировке или соревнованиям лиц с нарушениями в состоянии здоровья приводит к углублению этих нарушений. Существенно осложняет определение состояния готовности свойственная спортсменам диссимуляция, т.е. умышленное сокрытие спортсменом своих ощущений.

Цель работы: разработка методики определения текущего состояния сердечно-сосудистой и дыхательной систем у спортсменов.

Методика должна быть информативной настолько, чтобы ей доверяли тренеры и спортсмены, и простой в использовании, чтобы они применяли ее перед каждой тренировкой.

Необходимо решить **задачи:**

- по каким показателям определять состояние готовности;
- как эти показатели оценивать.

Изложение основного материала. Проанализировав состояние вопроса, определили, что для оценки состояния готовности выполнять работу сердечно-сосудистой и дыхательной систем наиболее часто используют частоту сердечных сокращений ($\text{уд.}\cdot\text{мин}^{-1}$), частоту дыханий ($\text{дв.}\cdot\text{мин}^{-1}$), продолжительность задержки дыханий (мин), весовой фактор. Причем первые три показателя определяют как в покое, так и после нормированной нагрузки.

Кроме этих традиционно используемых [1] в медицине характеристик, нахождение которых не представляет труда, нами предложены [10] показатели, имеющие смысл с точки зрения оценки физико-механических показателей и напряженно-деформированного состояния миокарда левого желудочка сердца.

Предложено определять:

- 1) градиент модуля упругости миокарда левого желудочка;
- 2) полные затраты желудочком энергии при выполнении одного цикла работы при нахождении

обследуемого в покое и после выполнения им нормированной нагрузки;

3) напряженно-деформированное состояние толщины стенки миокарда.

Определению этих показателей предшествует эхокардиография. В покое определяют для левого желудочка конечный систолический и диагностический размеры, толщину стенки желудочка в диастолу и соответствующее времени проведения эхокардиографии аортальное давление по Короткову (в диастолу и систолу). По этим данным рассчитывают [2] конечные систолический (КСО) и диастолический (КДО) объемы полости левого желудочка и [3] давление в полости при этих же объемах в фазу наполнения при закрытых аортальных клапанах. Этим данным соответствует диаграмма 1–2–3–4–1 цикла работы желудочка (рис. 1). Площадь S_2 (1–2–3–4) соответствует общим затратам энергии за цикл. Имея значение S_2 , соответствующее систолическому P_c и диастолическому P_d давлениям на момент эхокардиографии, можно рассчитать значение $S_2(i)$, соответствующее парам произвольных $P_c(i)$, $P_d(i)$. Принципиально новым в предложенной методике является то, что мы при определении физического статуса сердечно-сосудистой системы обследуемого не ограничиваемся этими показателями гемодинамики, но используем данные эхокардиографии как исходные и рассчитываем градиент модуля упругости миокарда, где градиент модуля упругости – это физико-механический показатель материала, используемый инженерами при проведении прочностных расчетов технических конструкций. Мы подобно этим инженерам рассчитываем напряженно-деформированное состояние стенки миокарда. Работа по расчету градиента модуля упругости трудоемкая и требует использования компьютерной техники. Но, т.к. можно считать [2], что при отсутствии направленного на миокард воздействия в виде болезни физико-механические свойства его в течение года не меняются, то эта работа выполняется один раз в году. Полученные данные о величине градиента используют при повседневном тестировании. На момент обследования достаточно измерить тонометром давление $P_c(i)$ и $P_d(i)$, чтобы определить, не выполняя эхокардиографии, текущие значения $KDO(i)$, $KCO(i)$ и $S_2(i)$ для случаев нахождения спортсмена до и после выполнения им нормированной нагрузки. Текущие циклограммы при этом смещаются вправо или влево от положения базовой, в зависимости от того, как меняются значения P_c и P_d . Поскольку градиент модуля упругости миокарда обследуемого лица не изменяется при смещении циклограммы, зависимости давления в полости желудочка в фазы изгнания и наполнения также не меняются. Верхней границей циклограммы является прямая линия, сохраняющая свой наклон

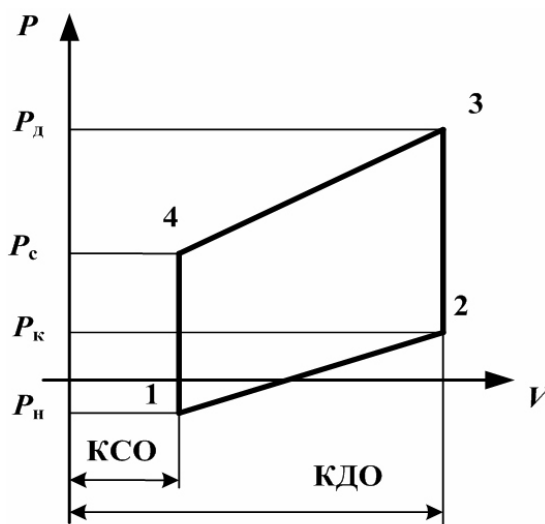


Рис. 1. Диаграмма цикла левого желудочка

Таблица 1

Исходные данные для расчета физического статуса здоровья обследуемого

Признак	Обозначение	Значение
В покое		
1. Давление по Короткову, мм рт. ст		
Систолическое	Z2	130
Диастолическое	Z3	80
2. ЧСС в покое, уд.·мин ⁻¹	Z1	60
3. Частота дыхания в покое, дв.·мин ⁻¹	Z5	25
4. Весовой фактор		
Нормальный вес, кг	Z6b	90
Фактический вес, кг	Z6a	100
Отношение фактического веса к нормальному	Z6	1,1
5. Задержка дыхания		
сразу после работы, с	Z7b	20
в покое, с	Z7a	30
отношение Z7a/Z7b	Z7	1,5
6. ЧСС после нагрузки, уд.·мин ⁻¹	Z4	88

для всех значений P_c и P_d в фазу изгнания. Величины площадей S_2 зависят как от величин P_c и P_d , так и от физико-механических свойств миокарда, характерных для каждого индивидуума. Абсолютное значение S_2 (в покое) является показателем функциональных возможностей индивидуума в покое, обусловленных как кумулятивным (накопленным) воздействием на его сердце, так и воздействием оперативным, приведшим к изменению артериального давления. Отношение S_2 (после нагрузки)/ S_2 (в покое) является оперативным показателем возможностей адаптации левого желудочка к нагрузке.

Для оценки полученных показателей существует множество методик [4]. Нами выбрана методика оценки по кривой желаний, широко используемая в

машиностроении из-за удобства, когда надо сделать обобщенный вывод, используя оценки нескольких показателей [5; 10]. Чтобы освободить тренера от трудоемкой и непривычной для него работы, связанной с вычислением по формулам показателей, используемых в целях диагностики [7], был составлен алгоритм, реализованный в виде программы на Java-2, устанавливаемой на мобильном телефоне [12]. По результатам вычислений строят графики оценки этих показателей.

Функция желаний характеризуется тем, что при подходе к крайним значениям показатели скорости изменения их цены уменьшается и приближается к постоянному значению. В случае оценки влияния n -показателей для оценки суммарного влияния их

Таблиця 2

Определение ФСЗ по 7 показателям

Признак	Обозначение	Значение
В покое 1. Давление по Короткову, мм. рт. ст		
Систолическое	K2	0,7
Диастолическое	K3	0,63
2. ЧСС в покое, уд.·мин ⁻¹	K1	0,805
3. Частота дыхания в покое, дв.·мин ⁻¹	K5	0,61
4. Весовой фактор		
Отношение фактического веса к нормальному	K6	0,77
5. ЧСС после нагрузки, уд.·мин ⁻¹	K4	0,62
После нормированной работы		
6. Отношение задержки дыхания сразу после работы к задержке дыхания спустя 4 мин	K7	0,62
Произведение оценок	K1·K2·K3·K4·K5·K6	0,0641
Оценка по показателям	ФСЧ	0,674

используют выражение корня n-степени из произведения $Z_{i=1} \cdot Z_{i=2} \cdot Z_{i=n}$, где Z оценка каждого показателя в отдельности.

Если бы оценивался один показатель, то тогда удобно было бы выбрать функцию желанности с пределом от 0 до 1 [4]. И если при оценке действия суммы показателей предел 1 не вызывает возражений, то предел 0 приведет к тому, что один показатель, оцененный нулем, заставляет оценить нулем и влияние всей суммы показателей. В этом случае целесообразно выбрать для оценки функцию желанности с пределом от 0,37 до 0,80 [5; 11].

При разбивке обследуемых на группы оценка показателя производится относительно среднего значения соответствующего показателя. При тестировании конкретного обследуемого оценка показателя производится относительно лучшего и худшего значений соответствующего показателя. Эта функция характеризуется тем, что при подходе к крайним значениям показателей скорость изменения их цены уменьшается и приближается к постоянному значению.

Границы «худший-лучший» для каждого из показателей выбираем, исходя из того, с кем предполагается сравнивать обследуемого. Например, спортсмены заданной квалификации конкретно выбранного вида спорта. Если предполагается текущий контроль, то в качестве исходных данных используют показатели самого обследуемого.

Дифференциация «физического статуса спортсмена» на 4 градации выполняется в зависимости от возможного значения обобщенного показателя. Показатель этот математически, как об этом уже говорилось ранее, не может быть [5] больше 0,80. При этом значении текущее состояние сердечно-сосудистой и дыхательной систем оценивается как «отличное».

Промежуточные, между 0,37 и 0,80, значения

обобщенного показателя соответствуют «хорошей» и «удовлетворительной» оценкам состояния.

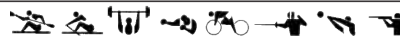
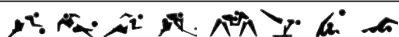
Покажем конкретно, как реализуется предложенная методика. Находясь в покое, измеряют следующие показатели и заносят их в табл. 1:

- частоту сердечных сокращений в минуту (в покое – Z1 и после выполнения нормированной нагрузки (10 приседаний за 20 с) – Z4);
- верхнее (в систолу) и нижнее (в диастолу) артериальное давление (показатели систолы – Z2 и диастолы – Z3), после нормированной работы артериальное давление в систолу – Z2a и в диастолу – Z3a;
- частоту дыхания в минуту (показатель Z5 – частоты дыхания);
- максимальную задержку дыхания на вдохе сразу же после 10 приседаний за 20 с – Z7b;
- фактический вес тела – Z6a и нормальный вес – Z6b – это рост человека в сантиметрах минус 100.

Определим $Z7=Z7a/Z7b$ (Z7 – устойчивость организма к кислородной задолженности) и $Z6=Z6a/Z6b$ (Z6 – показатель лишнего веса).

Для заполнения табл. 1 (7 показателей) эхокардиография не нужна. При наличии данных эхокардиографии в табл. 1 заносим рассчитанный для обследуемого на момент эхокардиографирования градиент модуля упругости Z8 и индекс ирригации Z9. Индекс ирригации – это величина напряжений посредине толщины стенки миокарда от внутреннего давления в полости левого желудочка равного единице.

Девять показателей не требуют проведения испытаний нагрузкой. Этими показателями обычно ограничиваются врачи, имеющие дело с лицами, ослабленными болезнью. Врачи в физкультурных диспансерах, спортсмены и тренеры анализируют динамику еще одного показателя – Z10.



По данным эхокардиографии определяют величину затрат энергии при одном ударе левого желудочка в покое (Z8a) и после нормированной работы (Z9a) соответственно в зависимости от систолического Pс(i) и диастолического Pд(i) артериального давления. В дальнейшем для данного обследуемого до нового эхокардиографирования находят Z8a, Z9a, предполагая линейную зависимость между изменениями объема полости левого желудочка и давлением в ней (рис. 1). После чего определяют $Z10=Z9a/Z8a$.

Результаты К – оценки каждого из показателей согласно функции его желательности (K1...K10) заносят в табл. 2.

Находим произведение всех К и вычисляем корень, степень которого равна числу этих К, т.е. 10. Если данные о каком-то К отсутствуют, то подставляем К=1, а степень корня уменьшается на 1.

Результат вычисления и есть величина физического статуса обследуемого (ФСЧ).

Например:

Пусть для Сидорова имеем:

$Z1=60$ уд.·мин⁻¹;

$Z4=88$ уд.·мин⁻¹;

$Z2=130$ мм рт. ст.;

$Z3=80$ мм рт. ст.;

$Z5=25$ дв.·мин⁻¹.

Нормальный вес 90 кг при росте 190 см. Фактический вес 100 кг.

Задержка дыхания в покое 30 с и после нормированной работы 20 с.

$Z6=100/90=1,1$;

$Z7=30/20=1,5$.

По графику 3 определим $K1=0,805$, $K2=0,7$, $K3=0,63$, $K4=0,62$, $K5=0,61$, $K6=0,77$, $K7=0,62$.

Если бы оценка здоровья проводилась по 7 показателям, то

$K=0,805 \cdot 0,7 \cdot 0,63 \cdot 0,61 \cdot 0,77 \cdot 0,62=0,0641$

$ФСЧ=(0,6041)^{(1/7)}=0,674$.

Литература:

1. Дембо А. Г. Актуальные проблемы современной спортивной медицины / А. Г. Дембо. – М. : Физкультура и спорт, 1980. – 295 с.
2. Мухарьямов Н. М. Ультразвуковая диагностика в кардиологии / Н. М. Мухарьямов. – М. : Медицина, 1981. – 156 с.
3. Дзяк Г. В. Диагностика гипертрофии левого желудочка у спортсменов / Г. В. Дзяк // Научно-спортивный вестник. – 1988. – № 4. – С. 17–18.
4. Спортивная метрология / [под редакцией В. М. Зацюрского]. – М. : Физкультура и спорт. – 256 с.
5. Алафердов О. Х. К вопросу о расчетном методе выбора материалов для деталей машин / О. Х. Алафердов // Известия высших учебных заведений: машиностроение. – 1984. – № 1. – С. 116–118.
6. Шаповалов В. П. Использование комплексных критериев оценки совокупности физиологических показателей при комплектовании команд / В. П. Шаповалов // Гребной спорт. – 1994. – № 1. – С. 14–15.
7. Дзяк Г. В. Сердце спортсмена – анализ биомеханика, научно-популярное издание для тренеров, спортсменов и медработников / Г. В. Дзяк // Госкомспорта протокол № 7 от 02.08.2001. – Днепропетровск, 2002. – стр. 166.
8. Яковлев Г. М. Биофизика сердца спортсмена : [учебное пособие] / Г. М. Яковлев // Гриф МОНО 23.06.2007. – № 14. – Днепропетровск : ДГТУ, 2009. – 71 с.
9. Дзяк Г. В. Эхокардіографія – спортивна орієнтація та добір / Г. В. Дзяк. – Дніпропетровськ : ДДТУ, 2005. – 139 с.
10. Патент на корисну модель № 63506 «Спосіб тестування фізичного стану обстежуваного» / Чибісов В. І., Рейдерман Ю. І., Яковлев Г. М., Ардашев В. М., Сухомлин В. І.
11. Математическое моделирование процесса выбора материалов для деталей машин / Перемитко В. В., Рейдерман Ю. И., Чередник Е. А., Окунь А. Г. // Математичне моделювання. – 2007. – № 1. – С. 39–40.
12. Опыт использования MidletPascal в практике создания программ для мобильных телефонов / [Яковлев Г. М., Ардашев В. Н., Чибисов В. И. и др.] // Український журнал телемедицини та медичної телематики. – 2012. – том 9, № 1. – с. 115–118.

Аналогично оценка здоровья проводилась бы по 10 показателям.

Примечание: в табл. 1, 2 занесены данные Сидорова

При

$ФСЧ=1,0...0,7$ – результат ОТЛИЧНЫЙ;

$ФСЧ=0,7...0,51$ – результат ХОРОШИЙ;

$ФСЧ=0,51...0,37$ – результат УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ;

$ФСЧ=менее 0,37$ – результат НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЙ.

Т.е. у Сидорова хорошее состояния ФСЧ.

При неудовлетворительном состоянии ФСЧ спортсмену рекомендуется обратиться к врачу-специалисту и в данный день вести максимально щадящий образ жизни. Регулярно измеряя ФСЧ, т.е. количественно оценивая свое здоровье, можно своевременно среагировать в случае ухудшения статуса здоровья.

Выводы. Предложена методика диагностики функционального состояния обследуемого по данным, как традиционно используемым во врачебной и тренерской практике, так и предложенным и апробированным нами. Методика дает возможность тренерам и врачам физкультурных диспансеров оперативной оценки готовности сердечно-сосудистой и дыхательной систем спортсмена к выполнению тренировочной и соревновательной нагрузки.

Перспективы дальнейших разработок. Предполагается в дальнейшем расширить область применения методики определения физического статуса сердечно-сосудистой системы за счет использования при расчете физико-механических свойств левого желудочка статистически обработанных данных обсчета эхокардиограмм спортсменов различных специализаций и школьников. Последнее особенно важно в связи с участвовавшими случаями смерти учащихся общеобразовательных школ на уроках физкультуры.