

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ УССР**

«Согласовано»  
начальник Главного  
управления НИР  
Минздрава УССР  
П. М. ПЕРЕХРЕСТЕНКО.  
09.04.1986 г.

«Утверждаю»  
зам. министра  
здравоохранения УССР  
. А. М. ЗЕЛИНСКИЙ.  
09.04.1986 г.

**СИСТЕМА  
МНОГОФАКТОРНОЙ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ  
СПОРТСМЕНОВ  
ПРИ ТЕКУЩЕМ И ОПЕРАТИВНОМ  
ВРАЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ**

(методические рекомендации)

**КИЕВ-1986**

В методических рекомендациях впервые для практики спортивной медицины раскрыта факторная структура физической работоспособности атлетов, неоднородность которой требует значительного улучшения качества инструментальной диагностики особенно при текущем и оперативном врачебно-педагогическом контроле в условиях учебно-тренировочных сборов и на соревнованиях для усиления мер по охране здоровья спортсменов, повышения эффективности первичной и вторичной профилактики пред- и патологических состояний, возникающих при нерационально спланированных нагрузках. В этой связи представлены предложения по использованию новой практичной системы многофакторной экспресс-диагностики текущего и оперативного состояния обобщенных свойств организма, формирующих физическую работоспособность в целом, среди которых наиболее важны емкость, мощность, экономичность (эффективность), восстанавливаемость и реализуемость потенциальных возможностей.

Методические рекомендации предназначены для специалистов по спортивной медицине и функциональной диагностике, физиологии мышечной деятельности, тренеров по видам спорта.

Методические рекомендации составлены Киевским НИИ медицинских проблем физической культуры МЗ УССР

Авторы — профессор *С. А. Душанин*, к. м. н. *Ю В Береговой*, к. б. н. *О. А. Цветкова*, м. н. с. *С. К. Копчак*, *Ф. П. Куприенко*, *В В. Еренюк*, *М. З. Пахотных*, *О. М. Гулида*, *Т В. Канивец*

телефон: 26-39-76

Рецензенты — проф. *Г. В. Яновский*

проф. *Г. Л. Апанасенко*

Председатель экспертной комиссии - доктор мед. наук *В. П. Замостьян*

На современном этапе развития спорта рост достижений в этой специфической сфере человеческого общения связывают в основном с совершенствованием учебно-тренировочного процесса, приведением в соответствие биологических закономерностей протекания адаптационных процессов с главными параметрами тренировочных и соревновательных нагрузок, корректным управлением физическим состоянием атлетов на основе ожидаемой структуры соревновательной деятельности и планируемого спортивного результата. При таком подходе организация и проведение тренировочного процесса реализуются только при условии объективной оценки уровня функциональной подготовленности (**ФП**) во времени при количественном учете используемых нагрузок. Результаты управления спортивной тренировкой находятся в прямой зависимости от объективности, точности и скорости получения информации об атлете. Отсюда разработку и совершенствование средств и методов врачебного контроля, внедрение их в повседневную практику медицинского обеспечения подготовки спортсменов следует рассматривать как существенный резерв повышения эффективности учебно-тренировочной работы, мер по охране их здоровья, первичной и вторичной профилактики предпатологических и патологических состояний.

С медицинских позиций главным исходным аспектом в процессе управления тренировочными занятиями является адекватная диагностика функционального состояния органов и систем, определяющих и лимитирующих общую и специальную работоспособность по видам спорта.

Врачебный контроль за функциональной подготовленностью спортсменов предусматривает решение ряда задач, среди которых необходимо выделить следующие:

- оценка изменений в функциональном состоянии отдельных систем организма, имеющих наибольшее значение для достижений высоких результатов в данном виде спорта;
- определение общей и специальной работоспособности;
- диагностика отставленного тренировочного эффекта, т. е. изменений в поздних периодах восстановления (на другой день после тренировки и в последующие дни);
- диагностика срочного тренировочного эффекта, т. е. изменений, происходящих в организме во время выполнения упражнений и в ближайший восстановительный период;
- оценка результатов сопоставления текущего обследования с предыдущими, полученными на разных этапах подготовки спортсменов после отдельных упражнений в занятии, в состоянии наивысшей подготовленности (спортивная «форма»), в период достижения лучших результатов и т. д.;
- анализ результатов сопоставления данных обследования спортсмена с функциональными показателями других атлетов, характеристиками рекордсменов мира, олимпийских чемпионов и др., как модельными.

## РАЗДЕЛ 1.

### ТИПЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНОВ И СИСТЕМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ И ЛИМИТИРУЮЩИХ ОБЩУЮ И СПЕЦИАЛЬНУЮ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ

В последнее время принято различать три типа функционального состояния - перманентное, текущее и оперативное.

**Перманентные** (этапные) состояния представляют собой проявление кумулятивного тренировочного эффекта, в основе которого лежит долговременная форма адаптации. Они охватывают длительный период времени формирования функциональной подготовленности (из года в год).

**Текущие** состояния представляют собой проявление отставленного тренировочного эффекта и изменяются ежедневно под влиянием различных по направленности, объему и интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок, отдыха, естественных и преформированных факторов повышения и восстановления работоспособности.

**Оперативные** состояния, в основе которых лежит срочная форма адаптации, характеризуют изменения, наступающие в организме во время или непосредственно после окончания выполнения упражнения различной направленности, интенсивности и продолжительности, входящего в структуру тренировочного занятия или соревнования. Другими словами, это то состояние, в котором в данные минуты находится спортсмен.

Если налажен и проводится количественный учет каждого из этих состояний, то это позволяет оптимальным образом планировать программы использования только тех средств и методов подготовки, которые соответствуют функциональным возможностям спортсменов. Такой подход является гарантией охраны здоровья атлетов, повышения эффективности тренировочного процесса, сокращения сроков подготовки спортсменов высокой и высшей квалификации, обеспечения стабильности спортивных результатов.

Оценку перманентного функционального состояния спортсменов следует использовать для разработки плана главных направлений построения тренировочного процесса на предстоящий сезон, период и т. д. Результаты диагностики текущего состояния рекомендуется брать за основу построения целевого графика планирования недельных и других циклов, вариантов предсоревновательной подготовки для того, чтобы вывести спортсмена на уровень высшей специальной работоспособности в нужный день микроцикла или к соревнованиям (см. ниже). Диагностика оперативного состояния позволяет оптимизировать нормирование нагрузок в каждом отдельном тренировочном занятии и предупредить развитие острого физического перенапряжения.

## РАЗДЕЛ 2.

### ВИДЫ, МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВРАЧЕБНОГО КОНТРОЛЯ ЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТЬЮ СПОРТСМЕНОВ

В соответствии с формами адаптации к гипоксии нагрузки и типами функционального состояния следует различать такие виды врачебного контроля как этапный, текущий и оперативный, как составные части комплексного врачебно-педагогического контроля в спорте. Каждый вид контроля в процессе реализации требует дифференцированного подхода для адекватного решения специфических задач подготовки атлетов в зависимости от специализации, квалификации, этапов и периодов тренировки в годичном цикле.

Как показывает практика организации и проведения медицинского обеспечения учебно-тренировочного процесса в спорте, комплексный подход с использованием этапного, текущего и оперативного врачебного контроля за функциональной подготовленностью атлетов даже в сборных командах страны в силу разного рода причин не используется. Основными все еще продолжают оставаться средства и методы этапного врачебного контроля в условиях углубленного комплексного обследования (УКО) при диспансеризации, на отдельных тренировочных сборах и др. Методы оперативного контроля используются спортивными врачами явно в недостаточном объеме и, как правило, ограничиваются измерением пульса, артериального давления и частоты дыхания, значительно реже - лактата и показателей кислотно-щелочного состояния крови в период отдыха между отдельными упражнениями или сразу после окончания выступления на соревнованиях. Методы текущего контроля, связанные с ежедневными врачебными наблюдениями за функциональной подготовленностью спортсменов, в условиях учебно-тренировочных сборов почти не применяются. Это объясняется отсутствием обоснованной теории медицинского контроля, определением его места в общей системе управления тренировочным процессом, недостаточным уровнем разработок прогрессивных средств и методов экспресс-диагностики функциональной подготовленности, низкой информированностью врачей о существовании определенной структуры и факторов, формирующих **ФП** в целом (см. ниже).

Сложившаяся практика врачебного контроля в спортивной медицине, когда возможно использование только одного или даже двух его видов, не может быть признана эффективной особенно в условиях современной системы подготовки атлетов, поскольку это не обеспечивает исчерпывающей, объективной многофакторной диагностики функциональных возможностей в целях оптимального выбора тренировочных средств и методов, рационального использования естественных и преформи-

рованных факторов ускорения восстановительных процессов в послерабочем периоде, развития и упрочения перекрестной адаптации к используемым нагрузкам, повышения общей и особенно специальной по видам спорта работоспособности. Практика выдвигает целесообразность разработки и использования контроля, основанного на возможности комплексной диагностики трех основных типов функционального состояния спортсменов: этапного, текущего и оперативного. Такой вид оценки предлагается считать комплексным врачебным контролем за функциональной подготовленностью атлетов. Его целью является определение перманентного состояния органов и систем, обеспечивающих общую и специальную работоспособность на данном этапе подготовки; текущего состояния, на основе которого планируются оптимальные величины тренировочных нагрузок в недельном цикле данного этапа подготовки; оперативного состояния, позволяющего срочно оптимизировать нагрузки в одном занятии и даже его отдельных частях.

Виды врачебного контроля за функциональной подготовленностью спортсменов обуславливают выбор методов диагностики. При **УКО** и **ЭКО** (этапном комплексном обследовании) предполагается использование весьма широкого круга методов и показателей, характеризующих состояние таких основных систем жизнеобеспечения как сердечно-сосудистая, дыхательная, нервная - центральный и вегетативный отделы, нервно-мышечный аппарат в покое, при выполнении ряда функциональных проб и в восстановительном периоде.

В практике текущего и оперативного контроля используется ограниченный круг методов и диагностических показателей, характеризующих отдельные стороны функционального состояния, как правило, кардиореспираторной системы.

При врачебном обследовании спортсменов используются методы углубленного и селективного (избирательного) контроля.

**Углубленный** - позволяет осуществить всестороннюю оценку состояния здоровья занимающихся, выявить уровень адаптации основных жизнеобеспечивающих систем и степень ее возможной напряженности.

**Селективный** - направлен на оценку ведущих систем, определяющих и лимитирующих специальную работоспособность в зависимости от специфики мышечной деятельности по видам спорта.

Во врачебном контроле за функциональной подготовленностью используют весьма большое количество показателей для диагностики состояния органов и систем, определяющих и лимитирующих общую и специальную работоспособность в различных видах спорта. Они должны удовлетворять следующим трем требованиям:

**во-первых**, возрастным, половым и квалификационным особенностям спортсменов с тем, чтобы используемые диагностические методы и частные показатели были одинаково пригодны как для начинающих, так и высокотренированных спортсменов;

**во-вторых**, специфике спортивной специализации занимающихся, поскольку наиболее информативны только те показатели диагностики, которые максимально учитывают характер мышечной деятельности в соревновательных условиях;

**в-третьих**, соответствовать таким основным требованиям математической теории тестов, как надежность и информативность.

Объективная характеристика функциональной подготовленности спортсменов возможна только в том случае, если учитываются основные факторы, формирующие ее внутреннюю структуру.

### РАЗДЕЛ 3.

## ФАКТОРНАЯ СТРУКТУРА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ

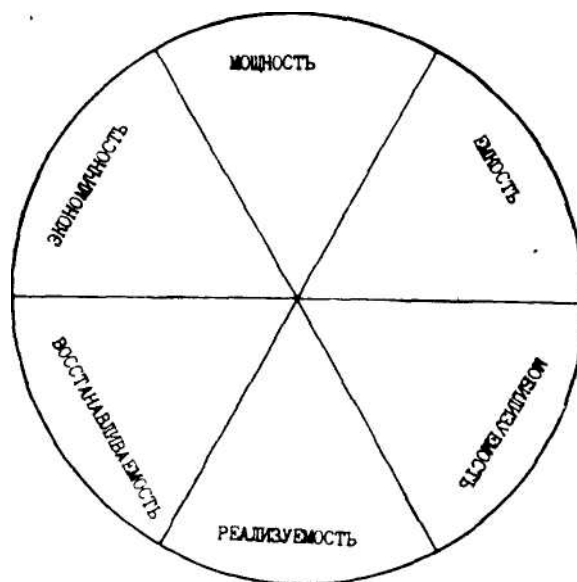
С помощью факторного анализа большого количества частных показателей различных методов инструментальной диагностики, используемых в клинической и спортивно-медицинской практике (более 150) установлено, что внутреннюю структуру функциональных возможностей, которые в конечном счете определяют физическую аэробную и анаэробную (креатинфосфатную и гликолитическую) работоспособность, формирует следующие высокодостоверные факторы или обобщенные свойства организма (рис. 1):

**Мощность** характеризует скорость освобождения энергии в аэробных и анаэробных метаболических процессах и максимизацию производительности функциональных систем (например, кардиореспираторной по **МПК**) обеспечения напряженной мышечной деятельности \*. Мощность энергетической системы лимитирует (ограничивает) предельную **интенсивность** (мощность) работы, выполненной за счет энергии данной системы. Опыт показывает, что метаболическая (биоэнергетическая) мощность систем определяет лишь «предел» функциональных проявлений в условиях максимальных и субмаксимальных мышечных усилий в динамическом режиме и не гарантирует высокого уровня функциональной подготовленности в целом, поскольку слабо связана с таким обобщенным свойством (фактором) как емкость.

**Емкость** отражает устойчивость функциональных систем, размеры доступных для использования субстратных фондов и допустимый объем аэробных и анаэробных метаболических изменений при напряженной мышечной деятельности. Емкость биоэнергетической системы лимитирует максимальный **объем** (продолжительность) работы, который может быть выполнен за счет данной системы. Этот один из важнейших факторов физической работоспособности оценивается по показателям, которые характеризуют функциональную стабильность, расходование энергетических субстратов и максимальные сдвиги внутренней среды организма.

---

\* Подробнее см. метод, рекомендации С. А. Душанина и соавт. «Ускоренные методы исследования энергетического метаболизма мышечной деятельности». - Киев.: 1984, - 29 с.



**Рис. 1.** Факторная структура функциональной подготовленности спортсменов.  
Объяснения в тексте.

**Эффективность** (экономичность) определяет степень использования функциональных резервов и энергии, освобождаемой в метаболических процессах, для выполнения мышечной работы различной интенсивности, продолжительности и биомеханической структуры.

**Мобилизуемость** (подвижность) систем определяет скорость развертывания функциональных и метаболических реакций в процессе вработывания при мышечной работе. Чем быстрее в начале нагрузки, при переменах ее интенсивности или других параметров работы «отвечают» функциональные системы обеспечения, метаболические реакции, буферные механизмы, тем меньший дефицит кислорода образуется при этом, тем меньше накапливаются «регуляторные затруднения» функциональных систем в организме в целом, тем больше их итоговая производительность.

**Реализуемость** потенциальных возможностей характеризуется степенью мобилизации функциональных и метаболических систем; резервными возможностями их проявления в наиболее благоприятных условиях; соотношением реальных (фактических) величин функциональных и метаболических показателей с модельными для данной спортивной специализации, квалификации и пола атлетов.

**Восстанавливаемость** функциональных и метаболических систем после нагрузки отражает скорость прохождения фаз адаптации (декомпенсации, ранней и поздней компенсации, суперкомпенсации или наибольшей работоспособности, сниженной работоспособности, исходного или нового уровня работоспособности) и тем самым определяет степень готовности спортсмена к повторной мышечной работе раз-

личной преимущественной направленности (аэробной, аэробно-анаэробной, анаэробно-гликолитической, анаэробно-креатинфосфатной).

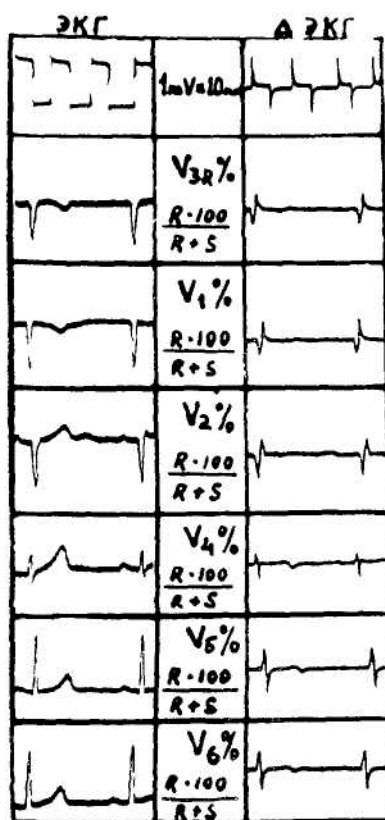
#### РАЗДЕЛ 4.

### СИСТЕМА МНОГОФАКТОРНОЙ ЭКСПРЕСС-ДИАГНОСТИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Реализовать программу многофакторной диагностики функционального состояния органов и систем, определяющих и ограничивающих общую и специальную работоспособность особенно в циклических видах спорта на выносливость, с помощью принятых в настоящее время в спортивной медицине методических решений в условиях учебно-тренировочных сборов не представляется возможным. Причинами этому являются неспецифичность функциональных проб и эргометрических тестов, громоздкость исследования, следовые реакции, заборы проб крови и низкая мотивация, особенно у атлетов высших разрядов, которые по существу обесценивают получаемые с большим трудом и опозданием данные. Значительные затраты времени и средств на организацию и проведение в нестационарных (полевых) условиях исследования и оценку текущего и оперативного состояния спортсменов по 5 факторам аэробного и анаэробного энергетического метаболизма в полной мере характеризуют отсутствие динамичности у почти всех инструментальных методов функциональной диагностики (за исключением электрокардиографии), используемых с этой целью во врачебном контроле.

Объективно существующая тесная сопряженность скорости деполяризации миокарда правого и левого желудочков, определяемой по величинам процентного отношения амплитуд зубцов **R** к сумме амплитуд **R** и **S** в правых и левых грудных отведениях ЭКГ покоя, с метаболическими показателями соответственно

анаэробной и аэробной физической работоспособности позволяет без нагрузочных тестов, газометрии выдыхаемого воздуха и заборов проб крови достаточно точно оценивать важнейшие параметры аэробного и анаэробного энергетического метаболизма (максимальное потребление кислорода, порог анаэробного обмена и др.). Основным источником ошибок при этом является довольно частое отсутствие зубца **S** в левых грудных отведениях, малые величины зубца **R** или его отсутствие в правых отведениях по Вильсону на обычной ЭКГ покоя. Чтобы избежать этого и повысить точность электрокардиографического метода многофакторной диагностики состояния аэробной и анаэробной физической работоспособности спортсменов следует дифференцировать электрокардиограмму до ее первой производной ( $\Delta$ ЭКГ).



**Рис. 2.** Обычная (слева) и дифференцированная до первой производной грудная однополюсная ЭКГ (справа)

Первая производная характеризует функцию, которая достигается однократным дифференцированием во времени с помощью включения в электросхему любого электрокардиографа так называемой **R-C** цепочки. В этом случае начальная часть желудочкового комплекса  $\Delta$ ЭКГ в виде процентного отношения амплитуды зубца **R** к сумме амплитуд зубцов **R** и **S**, получаемая после однократного дифференцирования по времени комплекса **QRS** в грудных однополюсных отведениях по Вильсону, электро-

физиологически представляет собой кривую скорости (интенсивности) изменения начальной части тока действия в сократительном миокарде. Более того, в результате дифференцирования до первой производной в правых грудных отведениях желудочковый комплекс типа **QS** всегда трансформируется в **QRS**, а в левых отведениях на  $\Delta$ ЭКГ непременно появляется зубец **S**, если он отсутствовал или был слабо выражен на обычной кривой (рис.2).

Чтобы достичь у спортсменов большой точности косвенной оценки функциональных и метаболических показателей физической аэробной и анаэробной (алактатной и лактатной) работоспособности по ЭКГ, регистрируемой в состоянии относительного мышечного покоя в отведении  $V_{3R}$  (анаэробно-креатинфосфатный энергетический обмен),  $V_2$  (анаэробно-гликолитический энергетический обмен) и  $V_6$  (аэробный энергетический обмен), в дифференцирующей цепочке, подключаемой в схему прибора, сопротивление (**R**) должно составлять 200 кОм, а емкость (**C**) — 0,05 мкФ.

### АЭРОБНАЯ МОЩНОСТЬ

определяется по величине максимального потребления кислорода с помощью  $\Delta$ ЭКГ, регистрируемой в состоянии относительного мышечного покоя в левом грудном отведении  $V_6$  (рис. 2 - правая часть), в котором измеряют амплитуду зубцов **R** и **S**. Затем вычисляют отношение  $R-100/R + S$ . Оценка полученных величин производится следующим образом: один процент отношения  $R/R + S$  в отведении  $V_6$   $\Delta$ ЭКГ покоя соответствует  $1 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$  МПК. Например, отношение  $R/R + S$  в  $V_6$  в покое составляет 72 %. Это означает, что у спортсмена удельное МПК равно  $72 \text{ мл} \cdot \text{мин}^{-1} \cdot \text{кг}^{-1}$ .

**Точность определения.** При строгой оценке получаемых у спортсменов по  $V_6$  на  $\Delta$ ЭКГ покоя данных об удельном МПК совпадение его индивидуальных расчетных величин с фактическими при эргоспирографии имеется в 97,5 % случаев (отклонения не более  $\pm 10$  %). При очень строгой оценке получаемых по первой производной ЭКГ данных об удельном МПК, когда разница с фактическими величинами не должна превышать  $\pm 5$  %, надежное совпадение уровней аэробной мощности, отнесенной на кг массы тела, отмечается в 71,1 % случаев определения этого параметра функциональной подготовленности. Из этого следует, что описываемый непрямой способ определения МПК по точности более чем в 2 раза превосходит другой - номограммный по Остранду - Риминг, требующий к тому же применение теста с физической нагрузкой субмаксимальной мощности. Таким образом,  $\Delta$ ЭКГ покоя характеризуется очень высокой информативностью отведения  $V_6$  и большой точностью косвенной оценки удель-

ных величин **МПК**. Простота определения функциональной подготовленности атлетов по фактору аэробной мощности с помощью информации, получаемой в состоянии относительного мышечного покоя, делает этот способ диагностики особенно эффективным в условиях учебно-тренировочных сборов для быстрой оценки рациональности использования средств и методов максимизации кардиореспираторной производительности.

## АЭРОБНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ

может быть косвенно определена с помощью **ЭКГ** покоя по таким важным параметрам как метаболическая мощность физической нагрузки на пороге анаэробного обмена (**Wпано**) \* и частота сердечных сокращений на **ПАНО** (**ЧССпано**) следующим образом:

а) **Wпано**. Измеряются амплитуды зубцов **R** и **S** в отведениях **V<sub>6</sub>** и **V<sub>2</sub>** (рис. 2 - правая часть), находят величины отношений **R/R + S** в этих отведениях. Делением отношения **R • 100/R + S** в отведении **V<sub>6</sub>** на сумму этих отношений в **V<sub>6</sub>** и **V<sub>2</sub>** с последующим умножением частного от деления на 100 получаем **Wпано** в % от **МПК**. Например, отношение **R/R + S** в **V<sub>6</sub>** на **ΔЭКГ** покоя составляет 54 %, а в **V<sub>2</sub>** - 22 %. Отсюда **Wпано = 54/(54 + 22) • 100 = 71 %** от **МПК**.

б) **ЧССпано**. Определяется по сумме величин отношений **R/R + S** в отведениях **V<sub>6</sub>** + **V<sub>2</sub>** и расчетной величины **Wпано**. Например, в отношения **R/R+S** в **V<sub>6</sub>** и **V<sub>2</sub>** составили соответственно 54 % и 22 %, а **Wпано** оказалось равным 71. Следовательно, **ЧССпано = 54+22 + 71 = 147 уд/мин**.

**Точность определения.** При строгой оценке полученных у спортсменов данных о состоянии аэробной экономичности по **Wпано** и **ЧССпано** совпадение этих расчетных величин с фактическими, измеренными при эргоспирографии и определении содержания молочной кислоты в крови, имеет место в 89,7 % случаев (отклонения не более ±10 %).

---

\* **ПАНО** - наиболее информативный показатель экономичности кислородных механизмов биоэнергетики, поскольку он характеризует начало некомпенсируемой окислением активации анаэробного (гликолитического) процесса энергопродукции при мышечной работе.

При очень строгой оценке косвенно получаемых данных по первой производной ЭКГ покоя об экономичности аэробных механизмов обеспечения напряженной мышечной работы, когда разница расчетных и фактических величин не превышает  $\pm 5\%$ , надежное совпадение отмечается в 76,7 % случаев. Таким образом,  $\Delta$ ЭКГ покоя характеризуется очень высокой информативностью отведений  $V_6$  и  $V_2$  и большой точностью быстрого определения метаболической мощности нагрузки на пороге анаэробного обмена и, что особенно важно, частоты сердечных сокращений на ПАНО, в совокупности надежно характеризующих степень экономичности кислородных механизмов энергопродукции при мышечной деятельности.

Применение принципиально нового способа оценки функциональной подготовленности атлетов по фактору аэробной экономичности с помощью информации, получаемой в состоянии относительного мышечного покоя, приобретает особое значение для практики срочного определения пульса на ПАНО перед тренировкой и тем самым позволяет точно регламентировать интенсивность нагрузок в занятии или отдельных его частях.

Важность быстрого определения ЧСС на ПАНО обуславливается тем, что его величина существенно индивидуальна и постоянно изменяется под воздействием тренировочных нагрузок. В силу этого не представляется возможным пользоваться распространенной классификацией метаболических (биоэнергетических) зон интенсивности мышечной работы, которая представлена в табл. I.

**Таблица 1**

Зоны энергетического метаболизма при мышечной работе различной интенсивности

<b>Зоны интенсивности</b>	<b>Источник энергетического обеспечения</b>	<b>ЧСС уд /мин</b>	<b>Отношение к ПАНО</b>
<b>I</b>	Преимущественно аэробная	до 140	ниже ПАНО
<b>II</b>	Аэробно-анаэробная	до 160	на ПАНО
<b>III</b>	Анаэробная гликолитическая (лактатная)	до 180	выше ПАНО
<b>IV</b>	Анаэробная креатинфосфатная (алактатная)	более 180	выше ПАНО

## МЕТАБОЛИЧЕСКАЯ ЕМКОСТЬ ОБЩАЯ

характеризует допустимый объем совокупности аэробных и анаэробных (гликолитических и креатинфосфатных) метаболических изменений при мышечной работе с интенсивностью на уровне **МПК**. В этой связи общая метаболическая емкость косвенно

оценивается по  $\Delta$ ЭКГ покоя с помощью суммы процентных отношений  $R/R + S$  в отведениях  $V_6$ ,  $V_2$ ,  $V_{3R}$  и  $W_{пано}$  (определение см. выше). Чем больше общая метаболическая емкость, тем больше эта сумма ( $V_6 \% + V_2 \% + V_{3R} \% + W_{пано}$ ). Зависимость между временем поддержания нагрузки на уровне **МПК** ( $y$ ) и описанной выше суммой показателей  $\Delta$ ЭКГ покоя ( $x$ ) характеризуется следующим уравнением регрессии:

$$y = 10,2 \cdot x - 1109 \text{ при } r = 0,938.$$

У атлетов, специализирующихся в видах спорта на преимущественное развитие выносливости, в период выступлений на уровне мировых достижений этот комплексный показатель ЭКГ, отражающий общую метаболическую емкость, становится больше 220 %.

**Точность определения.** Совпадение индивидуальных значений фактических величин времени поддержания **МПК** с расчетными  $\Delta$ ЭКГ в допустимых пределах, т. е. при разнице, не превышающей  $\pm 15\%$ , отмечается в 100% случаев. При более строгой оценке получаемых данных по  $\Delta$ ЭКГ покоя по общей метаболической емкости (разница менее  $\pm 10\%$ ) надежное совпадение расчетных величин с фактическими имеет место в 78 % случаев. Средняя ошибка способа составляет  $\pm 5\%$ .

Таким образом,  $\Delta$ ЭКГ покоя характеризуется высокой информативностью отведений  $V_6$ ,  $V_2$ , и  $V_{3R}$  и большой точностью непрямого определения такого важнейшего параметра функциональной подготовленности как общая метаболическая емкость.

Разработанный способ оценки функциональной подготовленности атлетов по фактору емкости (совокупности аэробных и анаэробных источников энергопродукции) с помощью информации, получаемой в состоянии относительного мышечного покоя, позволяет при его использовании в учебно-тренировочном процессе целевым образом планировать дифференцированные программы развития устойчивости функциональных и метаболических систем обеспечения общей и специальной работоспособности.

## АНАЭРОБНО-ГЛИКОЛИТИЧЕСКАЯ МОЩНОСТЬ И ЕМКОСТЬ

Потенциальные возможности к максимальному накоплению молочной кислоты в крови по факторам мощности и емкости в зависимости от характера предшествовавшей мышечной работы оцениваются по  $\Delta$ ЭКГ покоя с помощью процентного отношения  $R/R + S$  в отведении  $V_2$ . Чем больше величина этого отношения, тем выраженнее способность к накоплению максимальных концентраций лактата в крови. Зависимость между максимальным содержанием молочной кислоты ( $y$ ) в крови (мг%) и величиной процентного отношения  $R/R + S$  в отведении  $V_2$  на  $\Delta$ ЭКГ покоя ( $x$ ) описывается следующим уравнением регрессии:

$$y = 2,8 \cdot x + 4,06.$$

Для того, чтобы рассчитать по ЭКГ максимальный ожидаемый уровень накопления лактата крови после напряженной мышечной работы в мМоль/л следует величину  $R/R+S$  в  $V_2$  разделить на 3. Например, отношение  $R/R + S$  в отведениях  $V_2$  на  $\Delta$ ЭКГ покоя составляет 33 %. Разделив эту величину на 3, получим 11. Это означает, что после выполнения скоростной мышечной работы с максимальной интенсивностью у атлета наибольшая концентрация молочной кислоты в крови достигает 11 мМоль/л.

**Точность определения.** Совпадение индивидуальных значений фактических величин максимального содержания молочной кислоты в крови по фактору мощности и емкости после соответствующей по интенсивности и продолжительности мышечной работы с расчетными в допустимых пределах, т. е. при разнице, не превышающей  $\pm 15\%$ , отмечается в 100% случаев. При более строгой оценке получаемых данных об ожидаемых максимальных величинах лактата в крови по отношению  $V_2$  на  $\Delta$ ЭКГ покоя надежное совпадение расчетных концентраций с фактическими (разница не более  $\pm 10\%$ ) имеет место в 91 % случаев. При очень строгой оценке косвенно получаемых данных, когда разница расчетных и фактических величин максимального накопления лактата в крови не превышает  $\pm 5\%$ , надежное совпадение отмечается в 70 % случаев. Таким образом,  $\Delta$ ЭКГ покоя характеризуется очень высокой информативностью отведения  $V_2$  и большой точностью непрямого определения анаэробно-гликолитических возможностей по факторам мощности и емкости.

Разработанный способ определения физической анаэробной (гликолитической) работоспособности по факторам мощности и емкости с помощью информации, получаемой в состоянии относительного мышечного покоя, позволяет обоснованно регламентировать нагрузки в соответствующей зоне интенсивности и быстро оценивать эффективность использования средств и методов развития скоростно-силовых качеств.

## АНАЭРОБНО-КРЕАТИНФОСФАТНАЯ МОЩНОСТЬ И ЕМКОСТЬ

Возможность к максимальному расходованию креатинфосфата в скелетных мышцах, т. е. оценка мощности и емкости этого источника энергопродукции в условиях кратковременной работы до изнеможения оценивается по  $\Delta \text{ЭКГ}$  покоя с помощью отношения  $R \cdot 100/R + S$  в отведении  $V_{3R}$ . Чем выше процент этого отношения, тем больше креатинфосфатная емкость и мощность. У атлетов, специализирующихся в скоростно-силовых видах спорта, в период выступлений на уровне мировых достижений величина этого показателя первой производной  $\text{ЭКГ}$  в состоянии относительного мышечного покоя в позиции  $V_{3R}$  колеблется в довольно узких пределах между 50 и 60 %.

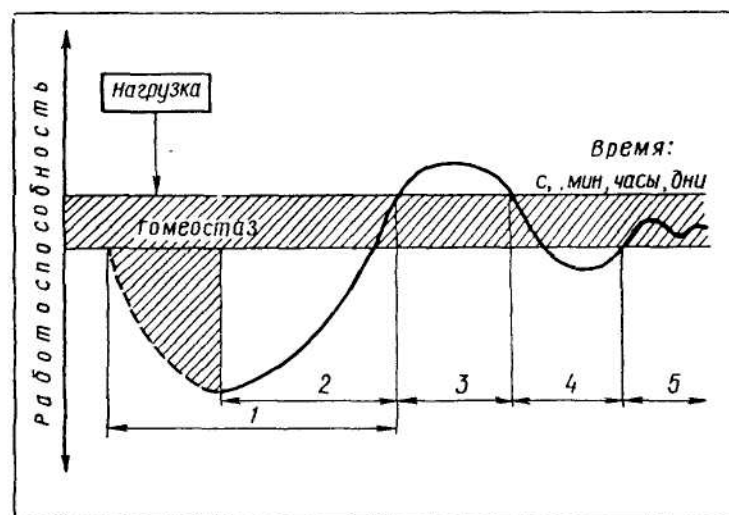
**Точность определения.** В связи со значительными организационными трудностями определения истинных размеров максимального расходования креатинфосфата в скелетных мышцах, происходящего только в условиях престижных соревнований, требующих предельной мобилизации анаэробных источников энергопродукции, ограничимся приведением тесноты связи технических результатов финальных забегов на 100 м на одном из первенств страны по легкой атлетике у мужчин и женщин перед XIII чемпионатом Европы в Афинах с данными  $\Delta \text{ЭКГ}$  покоя. Коэффициент корреляции времени бега на эту дистанцию у взрослых, как системообразующего показателя анаэробных способностей, с величиной процентного отношения  $R/R + S$  в отведении  $V_{3R}$  равен - 0,905 и это позволяет непрямым способом с высокой степенью надежности оценивать физическую алактатную работоспособность, как специальную в видах спорта, связанных с целевым развитием скоростно-силовых качеств. Разработанный способ определения физической анаэробно-креатинфосфатной работоспособности по факторам мощности и емкости с помощью информации, получаемой в состоянии относительного мышечного покоя, позволяет обоснованно регламентировать нагрузки в соответствующей зоне интенсивности и срочно получать данные об эффективности использования средств и методов развития скоростно-силовых качеств.

## ВОССТАНАВЛИВАЕМОСТЬ

после напряженной мышечной работы любой направленности (аэробной, анаэробно-гликолитической или лактатной, анаэробно-креатинфосфатной или алактатной) характеризуется определенной сменой фаз адаптации (рис. 3) каждого из трех источников энергообеспечения физической работоспособности \* - аэробного, лактатного и алактатного: преходящей декомпенсации (1), ранней и поздней компенсации (2), суперкомпенсации или сверхвосстановления работоспособности (3), пониженной работоспособности (4) и стабилизации или но-

вого уровня работоспособности (5). Они определяются по динамике процентных отношений амплитуд зубцов  $R/R + S$  в отведении  $V_{3R}$  (алактатный механизм),  $V_2$  (лактатный) и  $V_6$  (аэробный) на  $\Delta ЭКГ$  покоя, регистрируемой в послерабочем периоде через определенные интервалы времени (3 мин, 30 мин, 2, 4, 12, 24, 48 часов) При этом увеличение отношения  $R/R + S$  в соответствующих отведениях  $\Delta ЭКГ$  в послерабочем периоде более чем на 10 % означает наступление фазы суперкомпенсации, последующее его понижение больше 10 % знаменует развитие фазы сниженной работоспособности.

Определение гетерохронно (разновремено) наступающих фаз суперкомпенсации отдельно каждой из трех систем биоэнергетики является главным критерием готовности организма к повторной развивающей работе преимущественной направленности. Во время прохождения фаз адаптации одной системы энергетического метаболизма, определяющей способность к проявлению того или иного физического качества, следует выполнять программу тренировочных воздействий на другую энергетическую систему и т. д. Другими словами, процесс адаптации, развивающийся в результате выполнения программ тренировочных занятий преимущественной направленности, характеризуется строгой специфичностью для каждого занятия. При этом занятия избирательной направленности вызывают угнетение тех систем биоэнергетики, которые обеспечивали выполнение тренировочных программ. Одновременно с этим спортсмены проявляют высокую работоспособность в условиях напряженной мышечной деятельности, обеспечиваемой другими источниками энергопродукции. Занятия комплексной направленности с последовательным решением поставленных задач оказывают глобальное воздействие на организм, угнетая при этом все три системы биоэнергетики,



**Рис. 3.** Схема процесса расходования энергетических субстратов при мышечной работе и последовательности их восстановления по фазам адаптации в послерабочем периоде. Объяснения в тексте.

на развитие которых были направлены отдельные части программы подготовки. В этом случае последующие тренировки должны строиться на использовании нагрузок на пороге аэробного обмена (ПАО), когда лактат крови достигает 2 ммоль/л (компенсаторная или восстановительная зона интенсивности).

При использовании развивающей работы избирательной направленности по достижению суперкомпенсации соответствующего источника энергетического метаболизма вновь применяют нагрузки той же направленности для того, чтобы каждый раз вывести спортсмена на уровень стационарной работы в развивающем режиме. Несоблюдение этих положений может привести к срыву адаптационных механизмов, развитию пред- и патологических состояний вследствие хронического физического перенапряжения (ХФП), сокращению сроков выступления на уровне высших достижений, прекращению их роста. В то же время нормирование развивающей работы избирательной направленности в фазу соответствующей суперкомпенсации с помощью описанного метода диагностики, например, в сборной женской команде СССР по биатлону, позволило ей быстро стать мировым лидером в этом виде спорта за счет исключительно высокого качества беговой подготовки при отсутствии случаев ХФП. В равной мере целевое планирование средств и методов функциональной подготовки членов женской сборной команды СССР по ручному мячу по данным экспресс-диагностики факторной структуры анаэробных и аэробных способностей позволяет этому коллективу быть вне конкуренции на международной арене. Такая методология в настоящее время взята и для медицинского и научно-методического обеспечения подготовки национальных сборных команд страны по лыжным гонкам у мужчин и женщин.

Использование разработанных способов оперативной диагностики факторной структуры аэробных и анаэробных способностей, а также оценки готовности к повторной мышечной работе преимущественной направленности в спортивной практике позволяет предупредить развитие отклонений в состоянии здоровья атлетов, улучшить первичную профилактику хронического физического перенапряжения, добиться хорошо управляемого и контролируемого процесса поступательного развития необходимых физических способностей при уменьшении объемов развивающей работы, отсутствие пика «спортивной формы», достичь наиболее полного раскрытия генетически детерминированных адаптационных возможностей организма.

## РЕАЛИЗУЕМОСТЬ

потенциальных возможностей метаболических систем (аэробной и анаэробной), определяющих и лимитирующих общую и специальную работоспособность по видам спорта, оценивают путем вычисления процента отклонения текущих величин отношения

$R \cdot 100/R + S$  в каждом из трех отведений  $\Delta ЭКГ$  покоя ( $V_{3R}$ ,  $V_2$ ,  $V_6$ ) и производных показателей (см. выше) от модельных значений, характерных для атлетов высшей квалификации (рекордсменов мира, Европы, страны и т. д.)- Так для велосипедистов-шоссейников мирового класса (время прохождения, например, 100 км в командной гонке менее 2 часов) модельная величина процентного отношения амплитуды зубцов  $R$  к  $R + S$  в отведении  $V_6$  на  $\Delta ЭКГ$  покоя (удельное МПК) составляют 85;  $V_2$  (гликолитическая мощность и емкость) - 30; в  $V_{3R}$  (креатинфосфатная мощность и емкость) - 40; частного от деления этого отношения в  $V_6$  на их сумму в  $V_6$  и  $V_2$  ( $W_{пано}$ ) – 80 - 82% от МПК;  $W_{пано} + V_6 \% + V_2 \%$  (ЧСС пано) - 185 уд/мин ;  $V_6 \% + V_2 \% + V_{3R} \% + W_{пано}$  (общая метаболическая емкость) - 240. У этих спортсменов модельные величины времени развития фазы супер-компенсации анаэробно-креатинфосфатной, анаэробно-гликолитической и аэробной физической работоспособности составляют соответственно 2,4 и 24 часа.

На этапах многолетней подготовки спортсменов от массовых разрядов до мастеров спорта СССР международного класса рекомендуется сопоставлять получаемые при врачебном контроле данные функциональной диагностики с модельными показателями, приведенными в табл. 2, которые характерны для атлетов соответствующей классификации:

**Таблица 2**

**Модельные характеристики наиболее информативных функциональных и метаболических показателей работоспособности спортсменов различной квалификации**

Спортивная квалификация	$V_{3R} \%$	$V_2 \%$	$V_6 \%$	$W_{пано}$	ЧСС пано	ОМЕ
Массовые разряды	до 30	до 30	до 60	до 160	до 150	до 180
Мастера Спорта СССР	30 - 35	30 - 35	60 - 75	60 – 70	150 - 160	180 - 210
Мастера Спорта СССР Междунар. класса	более 35	более 50	более 75	более 70	более 170	более 210

**Примечание:** ОМЕ - общая метаболическая емкость, как сумма  $\Delta V_{3R}$ ,  $\Delta V_2$ ,  $\Delta V_6$  и  $W_{пано}$ .

## РАЗДЕЛ 5.

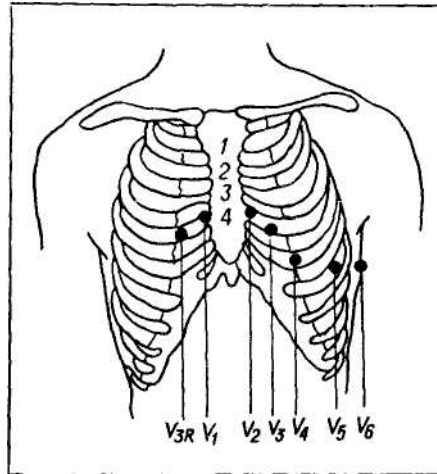
### ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНОВ

Для оценки текущего состояния факторов, определяющих и лимитирующих аэробную и анаэробную (гликолитическую и креатинфосфатную) работоспособность (см. разделы 3 и 4), обследование спортсменов следует планировать после дня отдыха. Оно проводится утром сразу после сна в состоянии мышечного покоя в положении лежа на спине. Для оценки оперативного состояния этих факторов обследование проводится через 10 минут после окончания тренировочного занятия, а затем через 24 часа утром в одно и то же время, если стоит задача определения восстанавливаемости после предшествовавшей работы.

**Приборное обеспечение исследования.** Для записи ЭКГ можно использовать электрокардиографы любой конструкции желательнее с тепловой записью. В стационарных условиях кабинетов функциональной диагностики могут использоваться многоканальные поликардиографы типа 6НЭК-4 и др. Постоянная времени дифференцирующей цепочки должна составлять 10 миллисекунд при  $R = 200$  кОм и  $C = 0,05$  мкф.

**Производительность системы.** Один лаборант со средним образованием или медицинская сестра при рациональной организации труда с помощью одного электрокардиографа может обеспечить до 50 исследований в час.

**Техника регистрации.** Скорость транспорта диаграммной бумаги при записи ЭКГ можно ограничить 25 мм/с. Правила регистрации ЭКГ общеприняты, однако следует подчеркнуть важность строгого соблюдения правильности наложения активного электрода на грудную стенку (рис. 4). При этом в позиции  $V_{3R}$  электрод помещают справа от грудины симметрично позиции  $V_3$ , в которой электрод располагается на половине расстояния между  $V_2$  и  $V_4$ . В отведении  $V_2$  электрод располагается в IV межреберье слева от грудины. В отведении  $V_6$  электрод ставят слева в V межреберье по средней подмышечной линии. В отведениях  $V_{3R}$ ,  $V_2$  и  $V_6$  регистрируют  $\Delta$ ЭКГ в 5 - 7 кардиоциклах. Затем измеряют не менее чем в 5 желудочковых комплексах амплитуды зубцов **R** и **S** в мм (рис. 2) и рассчитывают их среднеарифметическое значение. При наличии разных по амплитуде зубцов **R** и **r** (особенно в правых отведениях) учитываются только наибольшие. По усредненным величинам **R** и **S** определяют отношение  $R \cdot 100/R + S$  последовательно в  $V_{3R}$ ,  $V_2$  и  $V_6$ .



**Рис. 4.** Положение активного электрода на грудной стенке при записи однополюсных отведений ЭКГ по Вильсону.

В заключение следует подчеркнуть, что сбор, обработка и анализ информации одновременно об аэробной и анаэробной (лактатной и алактатной) работоспособности по факторам емкости, мощности, экономичности, восстанавливаемости (суперкомпенсации) и реализуемости потенциальных функциональных возможностей занимает чуть более 2 минут на одно исследование, и для этого используются серийно выпускаемые электрокардиографы, самые распространенные в медицинской практике диагностические приборы. Поэтому описанная система многофакторной экспресс-диагностики функциональной подготовленности может рассматриваться как наиболее приемлемая и эффективная при текущем и оперативном врачебно-педагогическом контроле за качеством многолетней подготовки атлетов, первичной и вторичной профилактики предпатологических и патологических состояний в спорте.

## АКТ О ВНЕДРЕНИИ

результатов НИР «Разработка средств и методов экспресс-контроля за функциональным состоянием спортсменов для регламентирования тренировочных нагрузок в подготовительном и соревновательном периодах в циклических видах спорта» по программе РН.69.00.03 Государственного плана экономического и социального развития Украинской ССР на 1985 г.

**1.** Источник информации: методические рекомендации «Система многофакторной экспресс-диагностики функциональной подготовленности спортсменов при текущем и оперативном учебно-педагогическом контроле».

**2.** Авторы: сотрудники отделения спортивной медицины Киевского **НИИ** медицинских проблем физической культуры МЗ УССР профессор С. А. Душанин, к. м. н. Ю. В. Береговой, к. б. н. О. А. Цветкова, м. н. с. С. К. Копчак, Ф. П. Кунриенко, м. н. с. В. В. Еренюк, Т. В. Канивец, О. М. Гулида, М. З. Пахотных..