

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ФУТБОЛИСТОВ**

*В статье определены основные методики исследования функционального состояния ведущих систем организма футболистов. Изложен алгоритм проведения исследования и расчет основных параметров. Это позволяет оперативно определить анаэробные возможности, емкость гликолитической системы энергообеспечения, функциональное состояние скелетных мышц и их реакцию на специализированную для данного вида спорта нагрузку, характер восприятия организмом данной физической нагрузки и восстановительных процессов каждого спортсмена и команды в целом.*

**Ключевые слова:** Вингейт-тест, анаэробные возможности, молочная кислота, частота сердечных сокращений, пульсовая сумма работы, коэффициент восстановления.

**Актуальность.** Развитие современного спорта диктует определенные требования к организации и планированию тренировочного процесса. Большие объемы физических нагрузок, напряженная физическая и эмоциональная соревновательная деятельность накладывает отпечаток на функционирование как отдельных систем спортсмена, как и на весь организм в целом. Обеспечивать нормальную работоспособность организма позволяют современные методы контроля за его функциональным состоянием.

Получая оперативные данные о функциональном состоянии спортсмена можно не только оценить текущую подготовленность спортсмена, но и определить ту степень физической нагрузки, которую позволит ему достичь наилучшей спортивной формы. Кроме того, постоянный контроль за состоянием организма спортсменов позволяет достичь высоких результатов с минимальным риском возникновения проблем для здоровья.

Достижение положительного результата в футболе возможно, если каждый член команды будет обладать совокупностью физических качеств, позволяющих на протяжении всего матча сохранять высокий темп игры, не теряя в качестве выполнения технических приемов. Это возможно если тренер обладает оперативной информацией в ходе тренировочной и соревновательной деятельности, имея под рукой основные показатели физического и функционального состояния каждого игрока. Это позволяет грамотно подходить к вопросам варьирования состава и планирования тренировочных нагрузок.

Подобрать батарею тестов характеризующих все возможные стороны подготовки футболистов не составляет проблему. Однако данных тестов будет большое количество на которые требуется дополнительные материальные затраты, усилия спортсменов и время на восстановление. Поэтому одна из главных задач управления современной спортивной подготовкой – это поиск тестов, дающих обширную информацию о различных сторонах подготовленности спортсмена при минимальной затрате времени.

**Целью нашего исследования** было разработать и апробировать комплекс информативных тестов для оценки функционального состояния футболистов.

**Методика и организация исследования.** В исследовании принимали участие игроки футбольного клуба "Гомель".

С учетом дефицита времени и с расчётом получения максимальной информации о состоянии игрока нами была разработана точная схема последовательных действий при проведении тестирования. Данный подход в совокупности со слаженной работой научной бригады позволил в промежутке 10-15 минут проводить ряд запланированных мероприятий по определению необходимых показателей отвечающих за достижение высоких результатов в избранном виде спорта.

В качестве нагрузки нами использован 30-секундный велоэргометрический тест.

Организация исследования осуществлялась следующим образом. Для определения частоты сердечных сокращений (ЧСС) перед началом опыта, при выполнении упражнения и в период восстановления проводили непрерывную регистрацию с использованием пульсового мониторингового устройства фирмы Polar.

Перед выполнением теста проводилась разминка в течении 10-15 минут. После небольшого отдыха происходило определение исходного уровня функционального состояния скелетных мышц посредством миометрии и выполнение нагрузки Вингейт-теста с регистрацией необходимых параметров. После выполнения нагрузки повторно определялось функциональное состояние скелетных мышц и концентрация лактата в крови. Благодаря постоянной регистрации ЧСС рассчитывалась пульсовая стоимость работы и коэффициент восстановления (КВ).

Регистрируемые показатели характеризовали развитие следующих систем организма:

1. Вингейт-тест – анаэробные возможности.
2. Концентрация молочной кислоты в крови – емкость гликолитической системы энергообеспечения.
3. Миометрия – определяла функциональное состояние скелетных мышц и их реакции на нагрузку.
4. Пульсовая стоимость работы – характер восприятия организмом заданной физической нагрузки (в ходе выполнения Wingate теста).
5. Коэффициент восстановления – восстановительные процессы организма.

Для определения развития анаэробной системы футболистов нами был выбран 30 секундный Wingate-тест. Анаэробные возможности организма футболиста представляют собой выработку энергии через гликолитические и метаболические пути и играют важную роль в планировании тренировочных нагрузок.

Для проведения нашего тестирования мы использовали модифицированный велоэргометр фирмы Monark и приложенное к нему программное обеспечение. Нагрузка рассчитывалась каждому испытуемому в зависимости от его веса и составляла 0,075 кг на килограмм массы тела.

**Результаты исследования и их апробация.** Используя в лабораторных условиях методику 30 секундного Wingate теста, мы смогли получить большой ряд данных, которые характеризуют уровень развития анаэробных возможностей спортсмена: максимальную скорость педалирования, минимальную скорость педалирования, индекс утомления, пиковую мощность, и относительную мощность (табл. 1).

На основании полученных данных Wingate-теста определялось состояние анаэробной системы спортсмена – одно из основных показателей скоростно-силовой выносливости.

На 3-й минуте восстановления с помощью лактометра определялось концентрации лактата в капиллярной крови. Количество молочной кислоты, содержащееся в крови спортсменов после выполнения анаэробной нагрузки, является показателем состояния гликолитической системы энергообеспечения, которая, в свою очередь, является биохимической основой специальной работоспособности организма. Гликолиз выполняет основную роль в ресинтезе АТФ при напряженной мышечной деятельности в условиях недостатка кислорода, с обязательным накоплением молочной кислоты.

Таблица 1

*Показатели Вингейт-теста футболистов клуба "Гомель"*

|                | V (max), км/ч | V (min), км/ч | Инд. утомлен. % | Пик.мощ. (Вт) | Отн. мощ. (Вт/кг) |
|----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|
| Испытуемый №1  | 62,9          | 37            | 41,2            | 961           | 13,9              |
| Испытуемый №2  | 73,3          | 37            | 49,5            | 1425          | 17                |
| Испытуемый №3  | 79,6          | 48,7          | 38,8            | 1548          | 17,6              |
| Испытуемый №4  | 70            | 51,2          | 26,9            | 1167          | 15,6              |
| Испытуемый №5  | 72,1          | 51,2          | 29              | 1202          | 16,2              |
| Испытуемый №6  | 77,1          | 53,3          | 30,9            | 1285          | 16,8              |
| Испытуемый №7  | 57,5          | 47,5          | 17,4            | 958           | 12,8              |
| Испытуемый №8  | 71,6          | 40            | 44,1            | 1193          | 16,1              |
| Испытуемый №9  | 65,5          | 43,3          | 33,4            | 993           | 15                |
| Испытуемый №10 | 80,4          | 46,2          | 42,5            | 1340          | 18,4              |
| Испытуемый №11 | 73,3          | 50,8          | 30,7            | 1222          | 15,9              |
| Испытуемый №12 | 65            | 56,6          | 12,9            | 993           | 14,8              |
| Испытуемый №13 | 67,5          | 42            | 37,8            | 1125          | 14,8              |
| Испытуемый №14 | 58,7          | 44,1          | 24,9            | 978           | 13                |
| Испытуемый №15 | 65,4          | 46,6          | 28,7            | 1181          | 15,3              |
| Испытуемый №16 | 65,8          | 42            | 36,2            | 1279          | 15,2              |

Таблица 2

*Содержание лактата в капиллярной крови футболистов клуба "Гомель"*

| № Испытуемого | Лакатат (ммоль·л <sup>-1</sup> ) | № Испытуемого  | Лакатат (ммоль·л <sup>-1</sup> ) |
|---------------|----------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Испытуемый №1 | 7,4                              | Испытуемый №9  | 12,4                             |
| Испытуемый №2 | 12,4                             | Испытуемый №10 | 11,4                             |
| Испытуемый №3 | 7,2                              | Испытуемый №11 | 7,4                              |
| Испытуемый №4 | 6                                | Испытуемый №12 | 3,9                              |
| Испытуемый №5 | 8,8                              | Испытуемый №13 | 2,8                              |
| Испытуемый №6 | 13,7                             | Испытуемый №14 | 4,4                              |
| Испытуемый №7 | 4,9                              | Испытуемый №15 | 6,5                              |
| Испытуемый №8 | 13,9                             | Испытуемый №16 | 3                                |

На основании полученных данных Wingate-теста определялось состояние анаэробной системы спортсмена – одно из основных показателей скоростно-силовой выносливости.

На 3-й минуте восстановления с помощью лактометра определялось концентрации лактата в капиллярной крови. Количество молочной кислоты, содержащееся в крови спортсменов после выполнения анаэробной нагрузки, является показателем состояния гликолитической системы энергообеспечения, которая, в свою очередь, является биохимической основой специальной работоспособности организма. Гликолиз выполняет основную роль в ресинтезе

АТФ при напряженной мышечной деятельности в условиях недостатка кислорода, с обязательным накоплением молочной кислоты.

Для определения функционального состояния скелетных мышц использовалась методика миометрии, определяющая мышечный тонус, эластичность и жесткость скелетной мышцы. Сущность метода состоит в оказании внешнего, неинвазивного, механического воздействия на поверхность скелетной мышцы или ее части с последующей регистрацией механического ответа мышцы, полученного датчиком ускорения. Этот сигнал характеризует тоническое напряжение и свойства эластичности мышечной ткани в виде механических собственных колебаний, анализируется, регистрируется с помощью программы MYOTON и ПК.

Метаболические процессы в биологических тканях протекают по закономерностям физиологии и биомеханики. В результате физиологических процессов производятся компоненты крови в объемах, необходимых для нормального функционирования биологических тканей, обеспечения концентрации солей и ионов плазмы крови и состава белков. Поступление вышеупомянутых компонентов в каждую отдельную клетку биологической ткани в значительной мере зависит от тонуса, жесткости и эластичности данной биологической ткани.

Наиболее значимым при оценке функционального состояния скелетной мышцы является ее тонус, определяющий механическое напряжение, свойственное мышцам в состоянии покоя. Каждая скелетная мышца имеет характерный для нее уровень мышечного тонуса, соответствующий ее функциональным особенностям и независимый от волевых усилий. В зависимости от характера и направленности физических нагрузок наблюдаются изменения уровня мышечного тонуса, соответствующие повышению либо снижению данного показателя.

Жесткость – способность мышц оказывать сопротивление изменениям формы в результате воздействия внешних сил. Значение понятия жесткости мышц в случае спортивных достижений связано с действием мышц антагонистов при движении.

Эластичность (декремент затухания колебаний) – способность мышц восстанавливать первоначальную форму после окончания воздействия силы, деформирующей мышцы. Свойство эластичности характеризует условия кровоснабжения мышцы во время работы и способность увеличивать скорость движения. Чередование сокращений и расслаблений в процессе мышечной работы является одной из предпосылок для нормальной микрокапиллярной циркуляции.

Нами были выделены четыре мышцы, которые, по нашему мнению, наиболее полно задействованы при выполнении тренировочной и соревновательной деятельности у футболистов. Контролю подвергались следующие группы мышц: четырехглавая мышца бедра, двуглавая мышца бедра, икроножная мышца и передняя большеберцовая мышца. Тестирование скелетных мышц проводилось в состоянии покоя и в напряженном состоянии в положении лежа. Каждый отдельный цикл в исследуемом режиме состоял из трех отдельных измерений в выбранной точке исследуемой мышцы. По завершении цикла измерений выбирался лучший результат из трех показателей. (Табл. 3)

Используя полученные данные, мы с большой вероятностью можем судить о функциональном состоянии нервно-мышечного аппарата.

Для оценки характера восприятия организмом заданной физической нагрузки мы использовали анализ ЧСС в ходе выполнения Wingate теста – пульсовую стоимость работы, которая характеризует степень напряжения организма на заданную нагрузку.

ЧСС является физиологическим показателем, показывающий характер действительных изменений совершающихся в организме. Безусловным достоинством определения уровня работоспособности по пульсовой кривой является ее доступность и простота, так как для регистрации ЧСС не нужно прибегать к сложным физиологическим методам.

Таблица 3

Значения тонуса, жесткости и эластичности скелетных мышц у футболистов до и после выполнения заданной нагрузки

| Исследуемые мышцы         | Расслабленное состояние |                |               |               |                 |                 | Напряженное состояние |                |               |               |                 |                 | Индекс жесткости, у. ед. |                | Индекс эластичности, у. ед. |                |
|---------------------------|-------------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------------|----------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|--------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                           | F, Гц                   |                | D             |               | H, Н/м          |                 | F, Гц                 |                | D             |               | H, Н/м          |                 | до нагр.                 | после нагр.    | до нагр.                    | после нагр.    |
|                           | до нагр.                | после нагр.    | до нагр.      | после нагр.   | до нагр.        | после нагр.     | до нагр.              | после нагр.    | до нагр.      | после нагр.   |                 |                 |                          |                |                             |                |
| Четырехглавая мышца бедра | 12,7<br>±0,75           | 13,79<br>±0,82 | 1,63<br>±0,09 | 1,2<br>±0,06  | 259,83<br>±15,3 | 302,32<br>±17,7 | 17,77<br>±0,91        | 15,21<br>±0,85 | 1,44<br>±0,08 | 1,44<br>±0,09 | 385,17<br>±19,2 | 399,18<br>±22,4 | 0,414<br>±0,04           | 1,091<br>±0,07 | 1,062<br>±0,08              | 0,97<br>±0,09  |
| Двуглавая мышца бедра     | 13,53<br>±0,79          | 13,24<br>±0,87 | 1,3<br>±0,07  | 1,08<br>±0,05 | 259,97<br>±14,2 | 275,09<br>±16,1 | 15,69<br>±0,87        | 15,39<br>±0,79 | 1,46<br>±0,07 | 1,3<br>±0,09  | 453,57<br>±23,4 | 450,13<br>±27,1 | 0,357<br>±0,03           | 0,6<br>±0,06   | 0,77<br>±0,07               | 0,985<br>±0,08 |
| Икроножная                | 11,16                   | 11,72          | 1,48          | 1,51          | 209,03<br>±13,1 | 241,04          | 16,56                 | 17,03          | 0,75          | 1,05          | 573,29<br>±28,5 | 687,78          | 0,37<br>±0,03            | 0,696<br>±0,05 | 1,087<br>±0,08              | 0,987<br>±0,08 |

|                                |                             |                             |                        |                        |                      |                          |                        |                             |                        |                   |                      |                          |                     |                     |                     |                     |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                                | $\pm 0,6$<br>9              | $\pm 0,7$<br>8              | $\pm 0,0$<br>7         | $\pm 0,0$<br>8         |                      | $\pm 15,5$<br>6          | $\pm 0,8$<br>1         | $\pm 0,8$<br>1              | $\pm 0,0$<br>4         | $\pm 0,0$<br>8    |                      | $\pm 39,2$<br>5          |                     |                     |                     |                     |
| Передняя<br>большеперцо<br>вая | 12,0<br>8<br>$\pm 0,8$<br>1 | 12,4<br>2<br>$\pm 0,9$<br>1 | 1,29<br>$\pm 0,0$<br>6 | 1,68<br>$\pm 0,0$<br>9 | 240,15<br>$\pm 14,5$ | 269,0<br>6<br>$\pm 15,3$ | 18,4<br>8<br>$\pm 0,8$ | 18,0<br>7<br>$\pm 0,8$<br>5 | 0,92<br>$\pm 0,0$<br>6 | 1,14<br>$\pm 0,1$ | 624,82<br>$\pm 35,9$ | 593,9<br>5<br>$\pm 34,1$ | 1,107<br>$\pm 0,08$ | 0,657<br>$\pm 0,06$ | 1,107<br>$\pm 0,09$ | 0,657<br>$\pm 0,07$ |

ЧСС во время выполнения физической нагрузки дает возможность контролировать степень воздействия физической нагрузки на организм и своевременно изменять ее интенсивность либо продолжительность. Также по показателям ЧСС можно судить о степени напряженности организма, так как в известных пределах частота пульса изменяется примерно пропорционально мощности и интенсивности выполняемой работы.

Для нахождения пульсовой стоимости работы в качестве исходных данных послужили результаты значений частоты сердечных сокращений при тестировании Вингейт-теста – рисунок 1.

Исходя из построенного графика, видно, что точки находятся вблизи одной прямой. Следовательно, зависимость от времени можно представить как  $y = be^{ax}$  и изобразить в виде прямой.

Пульсовая стоимость работы с предельной продолжительностью 35 секунд определялась по показателям Вингейт-теста с помощью интегралов как площадь графика нагрузки.

Пульсовую стоимость работы находим как площадь интеграла от начального времени до конечного от функции.

Пульсовая стоимость работы равна 39,5 ударов за тридцатисекундный промежуток времени. Для получения данного значения использовались средние показатели ЧСС испытуемых на отрезках времени от 0 до 35 с, т.е. полученный результат является средним для всей команды, что дает возможность после индивидуального расчета пульсовой стоимости работы дать оценку уровня работоспособности каждого испытуемого.

Для анализа восстановительных процессов в организме мы использовали коэффициент выносливости, который рассчитывается по показателям ЧСС после выполнения физической нагрузки (в период восстановления). Для этого необходимо после выполненной работы зафиксировать ЧСС через каждые 30 секунд на протяжении 4,5 мин.

От полученного ЧСС отнимаем ЧСС, которое было до выполненной работы (ЧСС покоя в нашем случае = 77) и проводим аппроксимирующую прямую, которая пересечет ось ЧСС в максимальном ее значении.

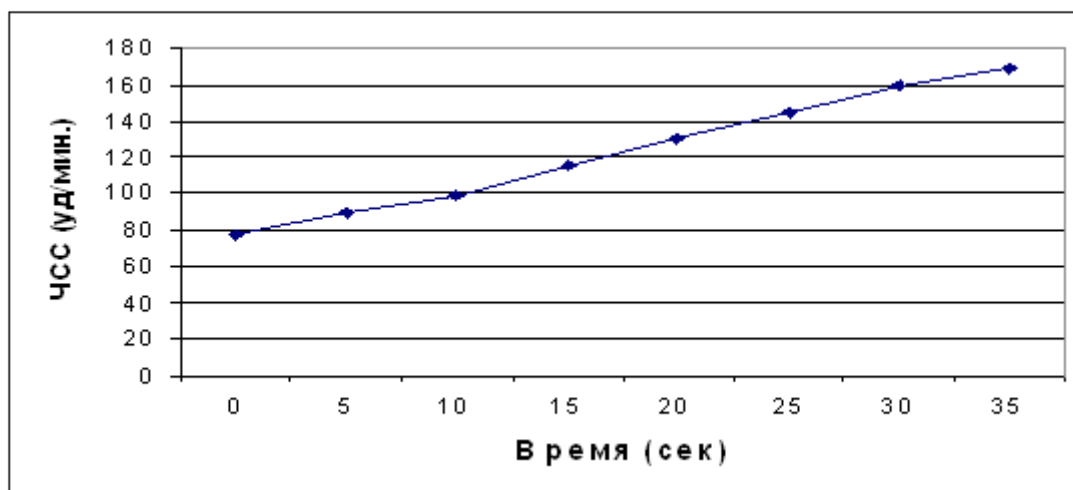


Рисунок 1. Динамика ЧСС при выполнении упражнения предельной продолжительностью 35 с

Таблица 4

Значения аппроксимирующей прямой

|                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Время (x)           | 0    | 0,5  | 1    | 1,5  | 2    | 2,5  | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  |
| Полученные значения | 4,38 | 4,22 | 4,06 | 3,90 | 3,74 | 3,58 | 3,42 | 3,27 | 3,11 | 2,95 |

Исходя из полученных данных мы можем построить аппроксимирующую прямую. Для определения КВ, необходимо найти значения  $J_0$ ,  $J_{0,12}$ ,  $T_{1,2}$ .

$J_0$  – максимальное значение  $\ln$  ЧСС при пересечении аппроксимирующей прямой с осью  $\ln$  ЧСС, оно равно значению  $b$ .

В нашем случае  $J_0 = b$

$$J_0 = 4,38$$

Следовательно,  $J_{0,1/2} = J_0 \times 0,5$

$$J_{0,1/2} = 2,19$$

Для нахождения  $T_{1/2}$  необходимо от  $J_{0,1/2}$  провести горизонтальную прямую до пересечения аппроксимирующей прямой и опустить вниз до оси времени восстановления, полученное значение и будет  $T_{1/2}$ .

В нашем случае  $(T_{1/2}) = (J_{0,1/2} - J_0) / a$

Коэффициент восстановления (КВ) =  $0,693 / T_{1/2}$ ;

0,693 – основание натуральных логарифмов (постоянная).

После подсчета получаем, что КВ = 0,1003 у.е.

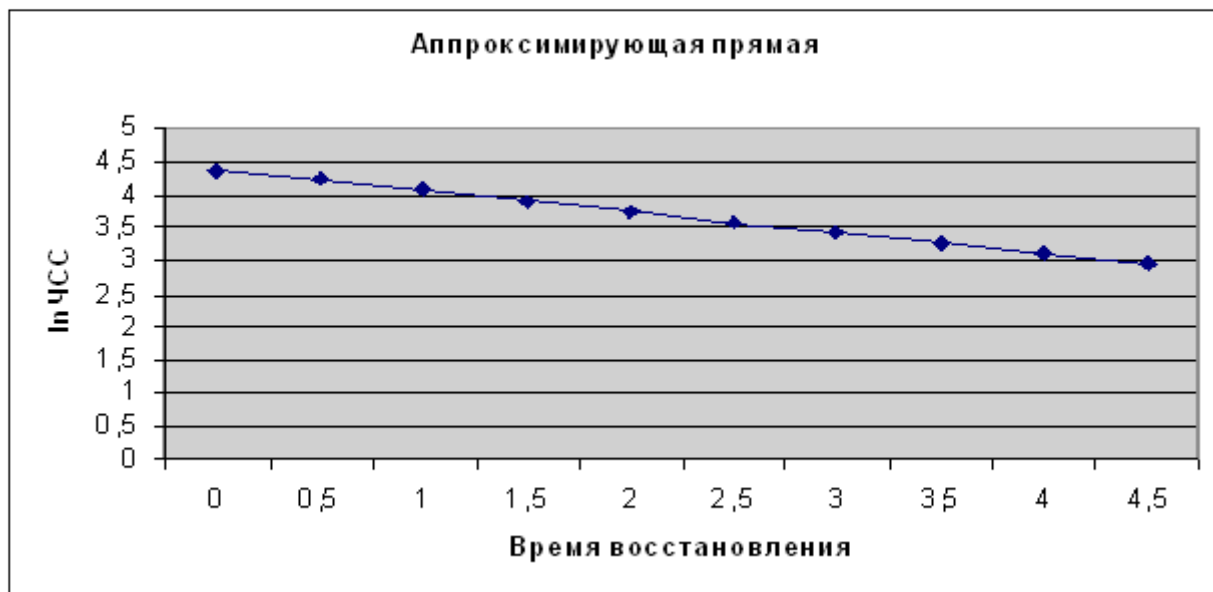


Рисунок 2. Аппроксимирующая прямая

Данное значение также является средним для всей команды, индивидуальные значения представлены в таблице 5.

С помощью данного метода, анализа кривой восстановления ЧСС, можно сделать заключение о количественных показателях пульсовой кривой, которые характеризуют текущее индивидуальное функциональное состояние одного спортсмена и команды в целом.

Таблица 5

Индивидуальные значения КВ у футболистов

| Порядковый номер испытуемого | Значение КВ (у.е.) | Порядковый номер испытуемого | Значение КВ (у.е.) |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| Испытуемый №1                | 0,076              | Испытуемый №9                | 0,149              |
| Испытуемый №2                | 0,027              | Испытуемый №10               | 0,12               |
| Испытуемый №3                | 0,078              | Испытуемый №11               | 0,097              |
| Испытуемый №4                | 0,072              | Испытуемый №12               | 0,145              |
| Испытуемый №5                | 0,156              | Испытуемый №13               | 0,059              |
| Испытуемый №6                | 0,09               | Испытуемый №14               | 0,08               |
| Испытуемый №7                | 0,2                | Испытуемый №15               | 0,089              |
| Испытуемый №8                | 0,042              | Испытуемый №16               | 0,126              |

**Выводы.** В процессе углубленного комплексного обследования игроков футбольного клуба "Гомель", используя вышеуказанные тесты, стало возможным оценить кумулятивный тренировочный эффект, что дает тренеру или врачу быструю и достаточно объективную информацию об изменении тренированности и функционировании систем организма, а также адаптационных процессов. На основании текущих обследований

было определено функциональное состояние спортсмена - одно из основных показателей тренированности, оценен уровень срочного и отставленного тренировочного эффекта, проводилась коррекция физических нагрузок в ходе тренировок.

В результате проведенного исследования были охарактеризованы следующие стороны подготовки футболистов:

1. Анаэробные возможности организма футболистов.
2. Емкость гликолитической системы энергообеспечения.
3. Текущее функциональное состояние скелетных мышц и их реакцию на специализированную для данного вида спорта нагрузку.

4. Характер восприятия организмом данной физической нагрузки.

5. Характеристику восстановительных процессов в организме.

Используя полученные данные, с большой вероятностью можно судить о текущем функциональном состоянии организма, вносить коррекцию в учебно-тренировочный процесс и давать рекомендации по проведению восстановительных мероприятий.

По анализу кривой ЧСС работы и восстановления, стало возможным дать оценку текущему функциональному состоянию футболистов, не прибегая к сложным методам тестирования. Это, в свою очередь, позволило оперативно и без значительных материальных затрат выявить слабые места в подготовке и, при необходимости, внести коррекцию в тренировочный процесс.

Исследования реакции мышечной ткани спортсменов на различные тренировочные и соревновательные нагрузки, может способствовать выявлению скрытых резервов организма, снижению энергетических затрат, при больших мышечных нагрузках, способствовать более активному восстановлению сил после тренировки.

Полученные результаты позволяют дополнить целевые установки этапов подготовки, формирования индивидуальной структуры морфофункциональных свойств и двигательных качеств спортсменов, что безусловно, должно отразиться на выступлении команды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волков Н.И. Пульсовые критерии энергетической стоимости упражнения / Волков Н.И., Попов О.И., Савельев И.А., Самборский А.Г. // Физиология человека. – 2003. – Т. 29. – № 2. – С. 91-97.

2. Нормирование тренировочных нагрузок с использованием показателей энергетической стоимости упражнения / Н.Ж.Булгакова, Н.И.Волков, О.И.Попов, А.Г.Самборский // Теория и практика физической культуры, 2003. – №5. – С. 23-26.

3. Сметанин В.А. Прерывистая гипоксия и интервальная гипоксическая тренировка в теории и практике спортивной медицины. Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / В.А. Сметанин. – Москва, 2000.

*Подано до редакції 11.07.12*

---