

**Методические рекомендации по  
комплексному алгоритму сбора, хранению и использованию данных  
медико-биологической диагностики спортсменов высокой  
квалификации**

**Москва – 2012**

## Оглавление

Введение .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
<b>1. Технология сбора, хранения и обработки данных медико-биологической диагностики .....</b>	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1 Тестирование скоростно-силовых возможностей мышц на динамометрическом комплексе Biodex.....	10
1.2 Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы по данным ЭКГ, вариационной пульсометрии .....	11
1.3 Определение максимальной аэробной мощности .....	15
1.4 Определение максимальной анаэробной работоспособности на, ручном, вело или лыжном эргометрах .....	18
1.5 Определение компонентного состава тела (антропометрия) .....	20
<b>2. Наборы первичных и наиболее значимых показателей с точки зрения их прогностической ценности, получаемых в результате сбора медико-биологической информации .....</b>	<b>25</b>
<b>3. Технология получения и преобразования данных с целью формирования рекомендаций тренеру и врачу по ключевым медико-биологическим методам диагностики .....</b>	<b>53</b>
3.1 Методика стандартизации тестов по медико-биологической диагностики физической работоспособности .....	54
3.2 Технология получения медико-биологических данных по оценке выносливости	56
3.3 Методика теста со ступенчато повышающейся нагрузкой, выполняемого «до отказа» на тредбане .....	62
3.4 Методика теста со ступенчато повышающейся нагрузкой, выполняемого «до отказа» на велоэргометре .....	63
3.5 Методика проведения велоэргометрического 30-секундного теста (Wingate) .....	64
3.6 Методика определения $PWC_{170}$ при работе на велоэргометре.....	65
3.7 Биоэнергетические критерии работоспособности спортсмена.....	66
3.8 Максимальная аэробная производительность организма высококвалифицированного спортсмена.....	68
3.9 Определение аэробно-анаэробного перехода, как маркера функционального состояния спортсмена .....	71
3.10 Максимальная анаэробная производительность организма высококвалифицированных спортсменов.....	74

3.11 Тесты и методы медико-биологической диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем .....	78
3.12 Методика исследования вегетативной, нервной и сердечно-сосудистой систем у высококвалифицированных спортсменов .....	82
3.13 Стандартизация антропологических методик при обследовании спортсменов.....	93
3.14 Динамика мышечной и жировой массы в качестве маркера текущей адаптации...	103
3.15 Методика проведения антропометрических измерений.....	107
3.15 Методики биохимического контроля при экспресс-диагностике функционального состояния спортсменов .....	113
3.16 Система управления получением и преобразованием медико-биологической информации.....	118
4. Список использованной и рекомендуемой литературы	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## **1. Общие принципы сбора и обработки информации медико-биологической направленности при диагностике спортсменов высокой квалификации**

Система подготовки спортсменов - это многофакторное явление, где компоненты, с одной стороны, имеют свое специфическое функциональное назначение, с другой - являются подсистемами, вся совокупность усилий и действий которых должна быть подчинена достижению конечных целей и результатов. Основными, наиболее важными, компонентами системы спортивной подготовки являются система соревнований и система тренировки, а также система факторов, повышающих эффективность функционирования этих двух систем: отбор и кадры, информационное, научно-методическое и медико-биологическое обеспечение, материальная база, финансирование, условия внешней среды, управление и организационные структуры.

В последние годы в тренировочном процессе все больше внимания уделяется диагностике различных звеньев адаптации к мышечной деятельности, оценивается уровень функционального состояния различных физиологических систем и функций организма. В ходе медико-биологических обследований спортсменов различных видов спорта используется большое количество различных тестов для определения функциональной подготовленности, причем даже в родственных видах применяются тесты различной направленности. Однако отсутствие системы комплексной оценки различных функций организма спортсменов, единой программы тестирующих нагрузок не способствует правильной оценке функциональной подготовленности. Вместе с тем, назрела необходимость в разработке унифицированных программных средств, позволяющих комплексно оценивать физическую и технико-тактическую подготовленность, функциональное состояние различных физиологических систем спортсменов высокой квалификации, устанавливать факторы риска, своевременно принимать решения по коррекции состояний, проводить реабилитационные

мероприятия и разрабатывать рекомендации по оптимизации тренировочных и соревновательных нагрузок.

Цель медико-биологического мониторинга - обеспечение постоянного текущего контроля функционального состояния спортсменов, сбора, обработки и анализа информации, выраженных в показателях тестов о всесторонней подготовленности. Более того, концепции информатизации и мониторинга являются тесным образом взаимосвязанными, поскольку первая - информатизация - получает свое содержание, а вторая - мониторинг - форму реализации через компьютеризацию системы управления подготовкой спортсменов.

В спортивном мире медико-биологическое обследование по другому называют комплексным контролем (КК). Комплексный контроль это получение наиболее полной объективной информации о здоровье и подготовленности каждого спортсмена. Он позволяет:

1. определить степень реализации спортсменом (командой) различных сторон подготовленности функциональной, физической, психологической, тактико-технической в условиях ответственных соревнований;
2. провести сравнительный анализ результатов соревновательной деятельности с планируемым и достигнутым уровнем этапной готовности спортсменов по модельным характеристикам;
3. разработать и предложить комплекс необходимых рекомендаций по коррекции индивидуальных и командных планов подготовки и соревновательной деятельности.

При обследовании соревновательной деятельности определяются следующие показатели психологического контроля:

1. мотивационные - желание соревноваться;
2. информационные - уверенность в достижении намеченного результата;
3. эмоциональные - эмоционально-моторная устойчивость, контролируемость моторики.

Углубленные комплексные обследования являются обязательным разделом комплексного контроля в системе научно-методического и медицинского обеспечения подготовки сборных команд к ответственным соревнованиям олимпийского цикла.

Основной целью углубленного комплексного обследования является получение наиболее полной и всесторонней информации о состоянии здоровья, уровне общей и специальной работоспособности и подготовленности кандидатов в сборную команду Москвы на основных этапах подготовки, обеспечивающих достижение высоких спортивных результатов.

Для выбора оптимальной, индивидуальной технологии построения тренировочного процесса необходимо иметь достаточно большой объем информации о модельных, прогнозируемых характеристиках, об уровне подготовленности и темпах динамики развития специальных и физических качествах спортсмена.

При этом один из важнейших вопросов это информационно-коммуникационные технологии медико-биологического сопровождения подготовки спортсменов. Они включают в себя:

- правильный выбор тестов и их соответствие метрологическим критериям надежности, объективности и информативности;
- определение оптимального объема показателей для оценки функционального состояния и уровня подготовленности спортсменов, его достаточность, стандартизация условий и источников получения информации;
- соответствие методов контроля задачам тестирования.

Сопровождение осуществляется в ходе четырех видов обследований:

- углубленных медицинских обследований (УМО);
- этапных комплексных обследований (ЭКО);
- текущих обследований (ТО);
- обследование соревновательной деятельности (ОСД).

## **Принципы сбора информации во время функционального тестирования**

На протяжении тестового периода испытаний может быть проведено много, однако в качестве тестов используют лишь удовлетворяющие метрологическим требованиям. К этим требованиям относят следующие:

1. необходимо сформулировать цель применения каждого теста;
2. надо использовать стандартизированную методику проведения теста и измерения его результатов;
3. спортсмену следует знать: тестирование - это неотъемлемая часть учебно-тренировочного процесса, по результатам контроля планируют и корректируют нагрузку. Именно поэтому у него должна быть мотивация для достижения максимально возможного результата в тестах;
4. необходимо определить надежность и информативность каждого теста;
5. должна быть разработана система оценки результатов в тестах;
6. должен быть указан вид контроля каждого теста - этапный, текущий или оперативный.

Из громадного множества показателей контроля нужно выбрать именно те, которые в конкретной ситуации будут наиболее информативны и, следовательно, наиболее полезны для оценки подготовленности спортсменов.

При проведении тестирования нужно соблюдать такие требования, как:

- режим дня, предшествующего тестированию, должен строиться по одной и той же схеме. В нем исключаются значительные и большие нагрузки, но можно проводить занятия восстановительного или поддерживающего характера. Это обеспечивает однородность текущих состояний спортсменов, и тогда текущий уровень каждого из них перед тестированием будет приблизительно одинаковым;
- разминка перед тестированием должна быть стандартной (по длительности, подбору упражнений и правилам их выполнения);
- тестирование по возможности должны проводить одни и те же профильные специалисты;

- схема выполнения теста не меняется, она постоянна от тестирования к тестированию;

- если в испытание входит несколько попыток, то интервалы отдыха между повторениями одного и того же теста должны ликвидировать утомление, возникшее после первой попытки;

- тест должен выполняться с мотивацией на максимальный результат.

Следует помнить - измерения не могут быть абсолютно точными, зарегистрированный результат любого теста всегда имеет погрешность. Но необходимо стремиться к тому, чтобы эта погрешность была, во-первых, разумно минимальна и, во-вторых, мы знали ее относительную и абсолютную величину.

К основным лабораторным методикам тестирования спортсменов высокой квалификации относятся следующие:

- Тестирование поструральной устойчивости на стабилметрической платформе BIODEX.
- Тестирование скоростно-силовых возможностей мышц на динамометрическом комплексе Biodex.
- Тестирование спортсменов на тензометрической платформе (прыжковые упражнения).
- Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы по данным ЭКГ, вариационной пульсометрии.
- Определение максимальной аэробной мощности.
- Построение лактатной кривой в зависимости от ЧСС, скорости или мощности работы во время ступенчатого теста.
- Определение максимальной анаэробной работоспособности на, ручном, вело или лыжном эргометрах.
- Определение компонентного состава тела (антропометрия).

Рассмотрим более подробно механизмы получения информации по указанным методикам.



Тестирование постуральной устойчивости на стабилометрической платформе BIODEX проводится с целью регистрации отклонений управляемой спортсменом платформы относительно исходного, идеально сбалансированного, «нулевого» положения. Полученные во время этого теста отклонения свидетельствуют об уровне управляемости и сбалансированности тела спортсмена. Как правило, постуральную устойчивость тестируют у спортсменов сложно-координационных видов спорта (фигурное катание, прыжки на батуте, синхронное плавание, художественная гимнастика и др.).

Методика тестирования включает в себя, как стандартизированные тесты «Скрининг падения» (Fall Screening), «скрининг повреждения коленного сустава» (Athlete Knee Injury Screening), так и специальные тесты по оценки суммарной и динамической стабильности и сезонных отклонений, предрасположенности к нарушениям и возврат к нормальной активности спортсмена после травмы. Таким образом, система используется для тренировки баланса и проприоцепции.

Результаты тестирования соотносятся с нормативными данными, соответствующими возрасту и полу, что помогает выявить спортсменов, предрасположенных к падениям, а также тех, у кого есть предрасположенность к повреждению коленных суставов. Возможности аппарата позволяют проводить двенадцать уровней контроля балансировочной платформы, а также регулирование устойчивости, обеспечивают программы тестирования, тренировки и реабилитации для различных видов спорта и уровня квалификации спортсменов. К примеру, тренировка баланса включает в себя – проприоцепцию и упражнения на устойчивость, разнообразные движения и упражнения с перемещением веса.

Аппаратные возможности позволяют осуществлять хранение данных - более 1000 тестов для дальнейшего обращения к ним или экспорта.

Баланс-Система Biodex позволяет проводить тестирования и тренировки как в статических, так и в динамических форматах, по мимо этого она обладает четырьмя протоколами тестирования, пятью тренировочными

режимами и экраном контакта.. Характерной особенностью данной системы можно назвать то, что она осуществляет выявление спортсменов, предрасположенных к падениям, а также позволяет делать упражнения с изменением диапазона движения суставов и перемещением вес. Используя эту систему, врачи могут оценить способность спортсменов к нейромускульному контролю с помощью анализа возможностей сохранять устойчивое положение на стабильной или подвижной платформе.

### **1.1 Тестирование скоростно-силовых возможностей мышц на динамометрическом комплексе Biodex.**

Данная методика применяется в первую очередь для нейромышечного тестирования и реабилитационных упражнений после травм у спортсменов. В случае травмы у спортсменов данный аппаратный комплекс позволяет проводить мобилизацию суставов в направлении сгибание-разгибание, отведение-приведение и ротация. Это необходимо для полноценного восстановления утраченной двигательной функций в реабилитационном периоде. В системе Biodex реализованы следующие возможности применительно к спортсменам высокой квалификации:

1. Пассивный режим (с изменением скорости в широком диапазоне, как для преодоления естественного рефлекса растяжения, так и в дальнейшем активной помощи в движении).
2. Изометрический режим (для развития статической силы мышц, если движение вызывает боль).
3. Исокинетический режим (универсальный режим тестирования, с возможностью изменения скорости в широком диапазоне. Используется для выявления травм суставов на основе корреляции их суммарной работы на разных скоростях).
4. Изотонический режим является по своей сути тренажером и позволяет работать в любом из режимов:
  - Концентрик/Концентрик
  - Эксцентрик/Концентрик

- Концентр/эксцентрик

Данный комплекс позволяет оценивать следующие показатели:

- Диапазон движения в суставе.
- Максимальную силу мышц.
- Угол и время максимальной силы.
- Ускорение/ Торможение.
- Суммарная работа (выносливость).
- Коэффициент агонист/антагонист.
- Коэффициент стабильности работы сустава и др.

## **1.2 Исследование функционального состояния сердечно-сосудистой системы по данным ЭКГ, вариационной пульсометрии**

Поскольку кровообращение является главным лимитирующим звеном в адаптационной деятельности организма спортсменов инструментальные методы определения состояния адаптационных сдвигов, процессов утомления и восстановления должны входить в критерии интегральной оценки функционального состояния. Система управления кровообращением связана с аппаратом регуляции стрессорных изменений организма сложными нейрорефлекторными и нейрогуморальными механизмами.

В методы исследования воздействия медико-биологических средств восстановления целесообразно включение электрокардиографии, вариабельности сердечного ритма, активную ортостатическую пробу, контроль артериального давления.

Методы анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) можно разделить на три больших класса:

- Исследование общей вариабельности (статистические методы и временной анализ);
- Исследование периодических составляющих ВСР (частотный анализ);
- Исследование внутренней организации динамического ряда кардиоинтервалов (методы нелинейной динамики, автокорреляционный анализ, корреляционная ритмография)

Кроме самого сбора информации в ВСП большое значение имеет дальнейшая статистическая обработка полученных данных, так называемые статистические методы.

Эти методы применяются для непосредственной количественной оценки вариабельности сердечного ритма в исследуемый промежуток времени. При их использовании кардиоинтервалограмма рассматривается как совокупность последовательных временных промежутков – интервалов RR . Наиболее важными статистическими характеристиками динамического ряда кардиоинтервалов являются:

СКО (мс) – среднее квадратическое отклонение величин интервалов RR за весь рассматриваемый период (в зарубежных публикациях этот показатель называют SDNN - Standard Devation, NN – означает ряд нормальных интервалов “normal to normal ” с исключением экстрасистол). Нормальные значения –  $141 \pm 39$

SDANN, мс - стандартное отклонение средних значений, полученных из 5 минутных сегментов при записях средней длительности, многочасовых или 24-х часовых записях. Подобным же образом могут обозначаться и стандартные отклонения средних значений других показателей. Нормальные значения –  $127 \pm 35$

RMSSD, мс – квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN (нормальных интервалов RR). Среднее значение у здоровых людей:  $27 \pm 12$  мс

NN50– количество пар последовательных интервалов NN, различающихся более чем на 50 миллисекунд, полученное за весь период записи.

PNN50 (%) – процент NN50 от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более чем на 50 мс, полученное за весь период записи. Среднее значение у здоровых людей:  $18 \pm 13\%$

КВ – коэффициент вариации. Он удобен для практического использования, так как представляет собой нормированную оценку дисперсии (D) и может сравниваться у лиц с различными значениями частоты пульса.

D, As, Ex - второй, третий и четвертый статистические моменты. D - это СКО в квадрате, отражает суммарную мощность всех периодических и непериодических колебаний. As – коэффициент асимметрии позволяет судить о стационарности исследуемого динамического ряда, о наличии и выраженности переходных процессов, в том числе трендов. Ex – коэффициент эксцессивности, отражает скорость (крутизну) изменения случайных нестационарных компонентов динамического ряда и наличие локальных нестационарностей.

Существуют и другие методы оценки деятельности сердечно-сосудистой системы (далее -ССС) у спортсменов высокой квалификации. К таким методам относятся и методы, названные геометрическими.

К числу геометрических методов, прежде всего, относится так называемая вариационная пульсометрия. Сущность вариационной пульсометрии заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин. При этом строится вариационная кривая (кривая распределения кардиоинтервалов или гистограмма) и определяются ее основные характеристики: Мо (Мода), АМо (амплитуда моды), ВАР (вариационный размах). Мода – это наиболее часто встречающееся в данном динамическом ряде значение кардиоинтервала. При нормальном распределении и высокой стационарности исследуемого процесса Мо мало отличается от математического ожидания (M). АМо – это число кардиоинтервалов, соответствующих значению моды, в % к объему выборки. Вариационный размах отражает степень вариативности значений кардиоинтервалов в исследуемом динамическом ряду. Он вычисляется по разности (D - difference) максимального (Mx) и минимального (Mn) значений кардиоинтервалов и иногда обозначается как MxDMn. В западных работах этот показатель обозначается как TINN (trangular interpolation of NN intervals),

поскольку вычисляется по интерполирующей кривую распределения треугольнику.

При построении гистограмм (или вариационных пульсограмм) первостепенное значение имеет выбор способа группировки данных. В многолетней практике сложился традиционный подход к группировке кардиоинтервалов в диапазоне от 0,40 до 1,30 с и интервалом в 0,05 с (50 мс). Точность вычисления 0,01 с. Таким образом, выделяются 20 фиксированных диапазонов длительностей кардиоинтервалов, что позволяет сравнивать вариационные пульсограммы, полученные разными исследователями. При этом объем выборки, в которой производится группировка и построение вариационной пульсограммы также стандартный – 5 минут. Другой способ построения вариационных пульсограмм заключается в том, чтобы вначале определить модальное значение кардиоинтервала, а затем, используя диапазоны по 50 мс, формировать гистограмму в обе стороны от Моды.

Следующий метод оценки работы ССС у спортсменов высокой квалификации это автокорреляционный анализ.

Вычисление и построение автокорреляционной функции динамического ряда кардиоинтервалов направлено на изучение внутренней структуры этого ряда как случайного процесса. Автокорреляционная функция представляет собой график динамики коэффициентов корреляции, получаемых при последовательном смещении анализируемого динамического ряда на одно число по отношению к своему собственному ряду. После первого сдвига на одно значение коэффициент корреляции тем меньше единицы, чем более выражены дыхательные волны. Если в исследуемой выборке доминируют медленноволновые компоненты, то коэффициент корреляции после первого сдвига будет лишь незначительно ниже единицы. Последующие сдвиги ведут к постепенному уменьшению корреляционных коэффициентов. Автокорреллограмма позволяет судить о скрытой периодичности сердечного ритма. В качестве количественных показателей автокорреллограммы вводятся  $C_1$  – значение коэффициента корреляции после первого сдвига и  $C_0$  – число

сдвигов в результате которого значение коэффициента корреляции становится отрицательным ( $<0$ ).

### **1.3 Определение максимальной аэробной мощности**

Под аэробной работоспособностью понимают все те функциональные свойства организма, которые связаны с поступлением и утилизацией кислорода при мышечной деятельности. Аэробные возможности организма определяются величиной максимального потребления кислорода (МПК или  $VO_{2max}$ ).

МПК определяется в условиях напряженной, предельной для данного индивидуума мышечной деятельности и характеризуется максимальной для данного индивидуума величиной потребления кислорода в единицу времени (1мин). Поэтому величину МПК именуют еще «кислородным потолком», и среди клинико-физиологических тестов он выходит на первое место по надежности и информативности.

Существует 2 группы методов определения максимума аэробной производительности:

- прямые
- косвенные или предсказательные.

#### **Методы прямого определения МПК**

При намерении МПК в качестве нагрузок применяют:

- бег на месте, тредбане (тредмилль);
- степ-тест (подъемы на скамейку);
- велоэргометрические нагрузки.

При проведении степ теста увеличивается число подъемов, предлагается использовать двухступенчатую лесенку, по 22,5 см. Темп работы устанавливается под метроном по 3 сек. на подъем и 3 сек. на спуск. На счет 3 обе ноги находятся на верхней ступеньке, а на счет 6 обе ноги на полу, и осуществляется поворот на  $180^\circ$  для нового подъема на скамейку. Число подъемов от 8-10 до 20-25 в минуту.

Высота ступеньки может варьироваться до 40-50 см. При высоких уровнях МПК подъем на ступеньки не очень удобен, так как трудно выдержать высокий темп шагов и частые повороты. Велоэргометр или тредбан в этом отношении более предпочтительны.

Имеется 5 основных модификаций определения величины МПК прямым способом. (Н.И. Волков).

1. Метод однократной нагрузки. Начинать испытания следует с нагрузки около 70 % ожидаемого максимума интенсивности после предварительной 3-5-минутной легкой неустойчивой разминки. Нагрузка должна вызывать полное утомление в течение 5-6 мин.

1-я ступень - 2 мин 70 %

2-я ступень - 2 мин 85 %

3-я ступень - 1 - 2 мин 100 %

Этот метод получил название «вита максима».

2. Метод повторных испытаний заключается в выполнении увеличивающихся раз от раза нагрузок, а продолжительность последней ограничивается достижением максимума аэробной производительности и возможностями испытуемого.

3. Метод ступенчатого увеличения нагрузки последовательными этапными вплоть до ограничения возможностями испытуемого и выравнивания кривой потребления  $O_2$ .

Хольман (Holmain) предлагает начинать нагрузку с 400 кгм/мин для женщин и 900 кгм/мин для мужчин, увеличивая через 3 минуты мощность работы на каждой последующей ступени: -400-700-900-1100-1300-1600-1900 - и т. д.

4. Метод непрерывного линейного увеличения мощности работы требует специальных устройств и продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто «выравнивание» кривой поглощения  $O_2$ .

5. Метод 2- или 3-кратного ступенчатого возрастания нагрузки вплоть до значения МПК. Один из вариантов такой нагрузки, заключается в следующем:



испытуемый выполняет последовательную одну за другой две стандартные нагрузки, в первой из которых пульс достигает значений 120-140, а при второй – 160-170 ударов в минуту (как в тесте  $PWC_{170}$ ), а затем последующие 2 или 3 минуты испытуемый выполняет третью ступень в субмаксимальном темпе, в процессе которой происходит достижение МПК. Таким образом, весь тест занимает 8-9 минут. Такой вариант нагрузки очень удобен для динамических этапных исследований, так как дает возможность в одном тесте изучить состояние спортсмена одновременно:

- в двух стандартных нагрузках;
- при предельной нагрузке;
- определить величину МПК и целый ряд других физиологических и эргометрических параметров.

Для измерения потребления кислорода применяются;

- различные спирографы, допускающие процедуру измерения при большом увеличении вентиляции легких;
- газовые счетчики с параллельно идущим газоанализом на различных приборах для газометрических определений состава выдыхаемого воздуха;
- сбор выдыхаемого воздуха в мешки Дугласа с последующим газоанализом по методике Холдена или другими способами.

Для получения точных результатов необходимо, чтобы дополнительное сопротивление вдоху и выдоху не превышало 15 мм водного столба при вентиляции в 200 л/мин. Мундштук должен иметь внутренний диаметр не менее 2,5 см, трубки соединительные - не менее 3,5-4 см. Вредное пространство дыхательного вентиля или маски не должно превышать 50 мл. Важным для тестирования является уверенность, что величина МПК достигнута.

Критерии достижения величины МПК:

- Дыхательный коэффициент увеличивается до 1,1—1,2 и более;
- ЧСС увеличивается до 190-200 уд/мин.

- Появляется плато на графике зависимости потребления кислорода от мощности работы.
- Величина артериального давления достигает 180-200 мм. рт.ст.

#### **1.4 Определение максимальной анаэробной работоспособности на, ручном, вело или лыжном эргометрах**

Для тестирования скоростно-силовых возможностей организма, как правило, определяют анаэробную мощность и емкость. Данные тестирующие процедуры, очевидно, уместны для тех спортсменов, от которых специфика видов спорта требует значительного вклада в энергообеспечение алактатного или лактатного механизмов. Поэтому эти измерения должны быть наиболее уместны для спортсменов, выступающих в большинстве командных видов, и специализирующихся в видах спорта, где требуется проявление максимальной мощности за период в пределах от нескольких секунд до 6 минут. Анаэробная емкость и мощность выражаются в абсолютных значениях, на килограмм массы тела, на квадратный метр площади поверхности тела, на килограмм обезжиренной массы и на единицу мышечной массы.

Чаще других для оценки характеристик анаэробной работоспособности используется 30-ти секундный тест Уингейта (The Wingate test). Впервые он был описан в 1974 году. Первоначально разработанный в качестве теста работоспособности ног, он был адаптирован для тестирования анаэробной работоспособности рук.

При тестах для ног у взрослых людей нагрузка сопротивления составляет примерно 75 г/кг массы тела. Когда в тестировании участвуют специально тренированные спортсмены нагрузка сопротивления, как правило, повышается. Тест проводится после 5 минутной низкоинтенсивной разминки с пятью короткими ускорениями. Испытуемый на холостом ходу увеличивает частоту педалирования до 70 об/мин, в этот момент автоматически увеличивается предварительно рассчитанная нагрузка и начинается отсчет времени теста. Испытуемый развивает максимальную частоту педалирования и старается ее удержать в течение 30 секунд.

Рекомендуют пользоваться тремя показателями рабочей производительности: средняя мощность, определяемая как среднее количество работы за 30-секундный период; пиковая мощность, определяемая как наивысшая мощность за 5-секундный период; и показатель (индекс) утомления, определяемый как разность между пиковой мощностью и наиболее низкой 5-секундной мощностью, делимой на пиковую мощность. В таблице 4 представлены некоторые данные, приведенные в литературе по результатам 30-секундного теста «Wingate».

По мнению многих ученых, 30-ти секундный тест является надежным средством и особенно это касается показателей средней и пиковой мощности и, возможно, в меньшей степени, показателя понижения мощности во время теста. Коэффициенты надежности при тесте – ретесте колеблются в пределах от 0,90 до 0,98 для средней и пиковой мощности.

Максимальная мощность в тесте зависит от анатомических особенностей прикрепления и тотальных размеров мышц, физиологического поперечника мышц, длины мышечных волокон и мышечной композиции, а также от способности к рекрутированию мышечных волокон и управлению отдельными мышечными группами. Наиболее изменчивым фактором у регулярно тренирующегося спортсмена является мышечный объем и, как следствие, физиологический поперечник. При тестировании в 30-сек тесте Вингейта элитные спринтеры мужчины и женщины развивают пиковую мощность более 18 и 15,5 Вт/кг, соответственно.

Учитывая, что мышечная композиция практически не изменяется во время тренировки, то время до пиковой мощности характеризует скорость произвольного рекрутирования мышечных волокон (способность к быстрому развитию мощности, быстрому старту).

Средняя мощность за 30 с характеризует способность к ресинтезу аденозинтрифосфата (АТФ), способность к удержанию пиковой мощности. Наибольший вклад в ресинтез АТФ за 30 с вносит креатинфосфат (КрФ) - 50

%, и анаэробный гликолиз - 31 %. Аэробные процессы в тесте обеспечивают около 19 % общего ресинтеза АТФ.

### **1.5 Определение компонентного состава тела (антропометрия)**

Одним из способов оценки адаптивной реакции спортсмена на нагрузку является определение динамики лабильных компонентов массы тела – мышечной и жировой масс. Наука, изучающая измерение массы тела носит название морфология. Наиболее широко используются антропометрические или соматометрические методы исследования. В дополнение к метрическим используются описательные методы. Инструментарий, с помощью которого проводятся измерения, должен ежемесячно проверяться метрологами. Антропометрические исследования необходимо проводить по унифицированной методике исследований, принятой во всех странах, строго соблюдать технику измерений. Отклонения от правил приводят к тому, что собранный материал становится несопоставимым с данными других исследователей, теряет всякую ценность. Для получения объективных данных настоятельно рекомендуется проводить исследование (измерение) одному человеку, что значительно снижает вероятность ошибки. При всей простоте техники измерений она только кажущаяся. Требуется соблюдение самых «мелких» указаний инструкции о нахождении антропометрических точек, положении инструмента при измерениях, единообразии приемов измерений. Для получения точных и впоследствии сравниваемых данных измерения производятся либо между определенными точками на теле человека, либо по точно очерченным границам на мягких тканях.

Надо помнить, что исследуемые размеры существенно зависят от положения измеряемого. Все измерения производятся в строго определенной антропометрической стойке: измеряемый стоит прямо, без напряжения, голова располагается таким образом, чтобы на одной горизонтали находилось ухо и наружный угол глаза. Руки измеряемого опущены вдоль тела, пальцы вытянуты, ноги выпрямлены в коленях, пятки сомкнуты, носки слегка раздвинуты. Измерения каждого человека рекомендуется производить двум

специалистам, один из которых производит измерения, второй - записывает и следит за правильным сохранением позы исследуемого, а также за положением инструментария при измерении. Рекомендуется проводить исследования в утренние часы до завтрака после опорожнения кишечника.

При исследовании таких величин, как подвижность в суставах, сила отдельных групп мышц, величина кожно-жировой складки, температура окружающей среды должна быть в пределах зоны комфорта от +18 до +22°. Обхватные размеры конечностей, тонус скелетных мышц нельзя измерять сразу после тренировочных занятий все это относится и к измерению силы мышц.

Антропометрические методы исследования можно разделить на три принципиально различные группы: а) контактные методы исследования; б) бесконтактные - измерение на расстоянии; в) биопсии.

Сложность формы человеческого тела требует применения специальных способов измерения. Наиболее распространены два способа измерений: проекционный (прямой или сквозной) и дуговой.

Проекционный способ измерения сводится к измерениям между антропометрическими точками, вынесенными (спроецированными) на определенную плоскость. Размеры, лежащие в одной из вертикальных плоскостей (сагиттальной или фронтальной), называются продольными длинами или длиннотными размерами. С помощью длиннотных размеров характеризуют длину тела и отдельных его сегментов (плеча, предплечья, грудной клетки и т.п.). Точки, лежащие на линии пересечения сагиттальной плоскости с горизонтальными плоскостями и контурами тела, позволяют измерить переднезадние проекционные размеры, или глубины тела, например, переднезадний размер, или глубину грудной клетки на уровне сосковой горизонтали, на уровне горизонтальной плоскости, проведенной через основание мечевидного отростка и т.д.

Точки, образующиеся в результате пересечения фронтальной плоскости с горизонтальной плоскостью и контурами тела, позволяют измерить поперечные проекционные диаметры, или широтные размеры тела.

Способ оценки сквозных диаметров сводится к определению кратчайшего расстояния между точками с помощью измерительных циркулей. Такими размерами являются ширина таза, его глубина. Размеры, определенные проекционным и сквозным способами, носят название линейных размеров и выражаются в сантиметрах и миллиметрах. Измеряются они антропометром, толстотным циркулем, тазомером.

Способ дуговых измерений: измерения производятся сантиметровой лентой, которая располагается вдоль поверхности тела, плотно прилегая к нему. Этим способом измеряются обычно обхваты тела: бедра, груди, живота и т.д., а также длины отдельных частей туловища и конечностей (способ измерения обязательно указывается). Следует помнить, что измерительный прибор при определении глубинных, широтных размеров располагается всегда горизонтально, а при определении длиннотных размеров - вертикально.

Определение размеров и величин, являющихся основой для расчетов компонентов веса тела: жировой, мышечной и костной масс, - производится со строгим учетом места измерения. Для определения величины жировой массы производится измерение толщины кожно- жировой складки в определенных участках тела с соблюдением правил ее захвата и ориентировки.

В теоретической антропометрии, когда речь идет о закономерностях роста и развития организма, большое значение имеют проекционные сквозные размеры, так как они в большей степени характеризуют истинные размеры скелета. В спортивной антропометрии, когда размеры являются основой конструирования одежды, спортивных снарядов, наряду с проекционными и сквозными размерами, широко используются дуговые размеры, так как они достаточно полно характеризуют развитие мышечной и жировой масс, а также особенности телосложения индивидуума.

Для характеристики ряда величин существует соматоскопическая методика исследования, то есть оценка индивидуальных особенностей спортсмена - его скелета, мышечной и жировой масс на глаз. Для этой цели разработаны шкалы баллов, которые предусматривают градации: очень низкая, низкая, ниже средней, средняя, выше средней, высокая, очень высокая. Все признаки в порядке перечисления оцениваются в баллах от 1 до 7. Эта методика требует определенного навыка исследования и постоянной практики.

С целью изучения влияний продолжительности и интенсивности тренировочных занятий и особенностей физических нагрузок на строение костного вещества у спортсменов различных специализаций используют рентгенофотометрические методы исследования. Сущность метода состоит в том, что сравнивается плотность костной структуры на рентгенограммах с имеющимся рентгеновским эталоном (костная пластина, алюминиевый клин и т.д.). Обычно съемку объекта производят одновременно с эталоном, чтобы избежать побочных влияний: длительности экспозиции, проявления, особенностей рентгенопленки. Сравнение интересующего объекта и эталона производят с помощью фотометра - аппарата, определяющего прохождение количества света через рентгенограмму объекта и эталон.

С помощью полученных цифр и путем несложных расчетов определяется плотность или минеральная насыщенность кости. Этот метод позволяет получить данные, свидетельствующие о влиянии спорта на минеральный обмен в кости, и особенности отложения солей в зависимости от нагрузки, испытываемой костью.

Одним из основных методов антропологических исследований является антропометрия, то есть размерная характеристика индивидуума. Для измерений человека создан ряд аппаратов и приспособлений, которые позволяют оценить линейные, обхватные, объемные, угловые и т.п. размеры.

В целом антропометрия преследует цель дать характеристику размерных признаков лиц отдельной популяции, жителей определенного географического района.

Антропометрические данные имеют большое значение в медицине при изучении физического развития человека, позволяют судить об эффективности и направленности тренировочного процесса, дают объективные данные для управления тренировочным процессом и дальнейшего его планирования, позволяют прогнозировать спортивные результаты. Данные антропометрии имеют и прикладное значение: позволяют конструировать спортивный инвентарь, разрабатывать спортивную одежду, создавать тренажеры.

Металлический антропометр системы Мартина состоит из полого металлического стержня, с одной стороны несколько уплощенного, длиной два метра. Для удобства транспортировки он разбирается на четыре части по 50 см каждая и укладывается в мягкий футляр. На стержень надета подвижная муфта со строго перпендикулярной ему узкой линейкой длиной 25 см, заостренной с одной стороны. Стержень антропометра имеет двойную миллиметровую шкалу. Одна шкала от 0 до 2000 мм начинается от нижнего конца стержня и идет через всю его длину. Другая находится с противоположной стороны стержня и идет в одном направлении - нулевая находится наверху. Второй шкалой пользуются, когда верхняя часть антропометра используется как штангенциркуль для измерения широтных и глубинных размеров.

Прямые, сквозные диаметры измеряются антропометром путем передвижения подвижной муфты с планкой. Такое измерение позволяет определить высоту точки по отношению к полу. Точность измерения 1,0 мм.

Для измерения морфологических величин специальными инструментами, которые получили название малахистометры, кутиметры, калиперы. Последнее название наиболее распространено (рис. 15). Измеренная с их помощью кожно-жировая складка может иметь различную величину, так как



жир легко сжимается и многое зависит от давления, которое оказывают ножки прибора на эту складку.

При измерении складки и ошибки на 1 мм окончательный результат приводит к неточности (при расчетах) на 1-2 кг, что составляет 10-20% от среднего количества жировой массы в организме. Установлены единые требования к инструменту для измерения кожно-жировой складки: контактные (измерительные) поверхности должны быть прямоугольной формы размером 6x15 мм со слегка закругленными краями и углами, стандартное давление на контактную поверхность 900 г, то есть 10 г/мм<sup>2</sup>, вариации последнего допустимы в пределах +2 г/мм<sup>2</sup>. Точность измерения желательна 0,1 мм, однако все калиперы позволяют точно измерять в пределах 0,5-1,0 мм.

Все измерения человеческого тела проводятся лишь между определенными пунктами, которые получили название «антропометрические точки».

### **1. Наборы первичных и наиболее значимых показателей с точки зрения их прогностической ценности, получаемых в результате сбора медико-биологической информации**

В данном разделе работы мы объединили два пункта технического задания, связанные с определением первичных и наиболее значимых показателей с учетом их прогностической ценности. С медико-биологических 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.

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.

Наличие различных приборов и технических устройств, применяемых в исследованиях специалистами педагогических, биомедицинских и психологических дисциплин спорта, позволяет получать информацию более чем о 3000 отдельных параметров. Все параметры, измеряемые в науке о спорте, подразделяются на четыре уровня:

- интегральные, отражающие суммарный (кумулятивный) эффект функционального состояния различных систем организма (например, спортивное мастерство);
- комплексные, относящиеся к одной из функциональных систем организма спортсмена (например, физическая подготовленность);
- дифференциальные, характеризующие только одно свойство системы (например, силовые качества);

- единичные, раскрывающие одну величину (значение) отдельного свойства системы (максимальная сила мышц).

Основными измеряемыми и контролируемыми параметрами в спортивной медицине, тренировочном процессе и в научных исследованиях по спорту являются следующие:

- физиологические («внутренние»), физические («внешние») и психологические параметры тренировочной нагрузки и восстановления;
- параметры качеств силы, быстроты, выносливости, гибкости и ловкости;
- функциональные параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем;
- биомеханические параметры спортивной техники;
- линейные и дуговые параметры размеров тела.

Для изучения этих параметров и контроля за ними широко используется объемная номенклатура разнообразных способов, приемов и методов измерений следующих физических величин:

- силовых (это причины, вызывающие изменения в скорости и направлении движения тела: силы отталкивания, деформации, удары, броски и т.п., моменты сил и моменты вращения: раскачивания, размахивания, обороты и вращения при выполнении локомоторных и гимнастических упражнений; давление на спортивные снаряды и т.п.);
- величин, относящихся к скорости (расход количества энергии в течение заданного времени; скорость разгона, перемещения, остановки и изменения направления в двигательных действиях; ускорение линейное и угловое при выполнении упражнений);
- временных (промежутки времени и частота действий в единицу времени - момент времени, длительность действия, темп и ритм движений);
- геометрических (положение спортсмена: координаты расположения тела или его звеньев в заданной системе; размеры: расстояния между двумя заданными точками при измерении результатов в прыжках, метаниях и др.,

контуров или форм при измерении правильности вычерчивания обязательных фигур в фигурном катании; при измерении осанки и плоскостопия);

- характеризующих физические свойства (плотность, удельный вес тела человека; измерения влажности в спортивной гигиене; вязкость, твердость, пластичность костно-мышечной системы);

- количественных (масса и вес тела и отдельных его звеньев);

- характеризующих химический состав биологических жидкостей и тела;

- тепловых (температура тела и его теплопроводная способность, определяемая количеством тепла, выделяемого или поглощаемого телом при определенных условиях);

- радиационных (ядерная радиация - радиоизотопные методы измерения массы отдельных звеньев тела человека и сканирование; определение костного возраста юных спортсменов; фотометрические измерения скелета и т.п.);

- электрических (биопотенциалы различных органов: сердца, мышц, мозга и т.п.).

Одним из перспективных подходов к решению проблемы выявления наиболее информативных параметров и методов обследований спортсменов служит метод моделирования различных сторон подготовленности, основная цель которого - определение и научное обоснование конкретных количественных модельных характеристик функциональной, технико-тактической, психологической подготовленности. При достижении этих модельных значений данный спортсмен с наибольшей степенью вероятности может выиграть данные соревнования или установить рекорд.

Структура спортивной деятельности весьма сложна и многообразна, так как каждый вид спорта предъявляет специфические требования к физическому развитию и способностям юных спортсменов. Поэтому необходимо комплексное изучение существенных для вида спорта факторов, определяющих успех спортивной специализации.

Вопрос о том, на каких критериях должна базироваться система подготовки в спорте высших достижений, методологически наиболее важен (Бальсевич В.К., 1999, 2001; Германов Г.Н. и др., 1998; Зациорский В.М., 1970; Кузнецов В.В., Шустин Б.Н., 1980; Набатникова М.Я., 1982; Ратов И.П., 1971; Филин В.П., Фомин Н.А., 1972, 1980; Черкашин В.П., 2001).

Рациональное построение тренировки начинается с определения ведущих факторов, в наибольшей степени влияющих на результативность спортсменов, специализирующихся в различных видах спорта.

Специалисты выделяют большое количество различных показателей, применяемых в качестве критериев, ограничивающих реализацию двигательного потенциала спортсмена в соревновательном упражнении.

Значимость различных факторов в группах видов спорта имеет существенные различия (табл. 1).

Анализируя данные таблицы нетрудно заметить, что для спортсменов высокой квалификации значимость морфологических критериев существенно ниже остальных категорий факторов. Очевидно, что это связано с консервативностью морфологических признаков, которые реализованы в системе многолетнего отбора спортсменов с типоспецифическими конституциональными особенностями, наиболее важными для специализации в определенном виде спортивной деятельности.

Значимость других групп факторов выше и, по-видимому, может существенно меняться в соответствии с изменениями внешних условий выполнения соревновательной деятельности (уровень тренированности, погода, класс соперника, бытовые и социальные факторы и т.д.).

**Таблица 1.** Иерархия значимости факторов спортивной результативности в группах видов спорта на этапе высшего спортивного мастерства (Квашук П.В., 2003)

Категории факторов, влияющие на достижение спортивной	Виды спорта
---	-------------

результативности	Циклические	Единоборства	Скоростно-силовые	Игровые
Морфологические	*	*	*	**
Энергетические	****	**	**	***
Технико-тактические	**	***	***	****
Личностно-психические	***	****	**	***

*Примечание: факторная нагрузка в общей дисперсии выборки - \*\*\*\* - (30-40%); \*\*\* - (20-25%); \*\* - (10-15%); \* - менее 10%.*

Термин «метод исследования» подразумевает совокупность действий, которые предпринимает исследователь, чтобы в заданных условиях решить поставленную проблему (Зиновьев А.А., 1971). Условия включают возможность достижения цели: стандартизацию действий и внешних предметов, измерение величины признаков исследуемых объектов в динамике их развития, проведение сравнений с заданными эталонами, доказательство или опровержение принятых гипотез.

При постановке эксперимента в спортивной деятельности применяются следующие методы (Schnabel G., 1984):

- метод анализа, необходимой для создания предпосылок эксперимента, отработке гипотезы и постановке задач;
- лабораторный эксперимент для предварительной проверки рабочих гипотез, подготовки и проведения спортивно-педагогического эксперимента;
- метод логико-математического моделирования, с помощью которого можно проверить надежность результатов естественных экспериментов.

Анализ многочисленных экспериментальных работ в области спортивной тренировки показывает, что исследователи часто применяют метод сравнения результатов специально спланированной деятельности в опытных и контрольных группах.

Не вдаваясь в анализ такого явления, отметим, что в практике работы с сильнейшими спортсменами сборных команд страны данный метод не

осуществим так как нет альтернативы для проведения сравнительных испытаний.

При проведении спортивно-педагогических экспериментов, особенно в лабораторных условиях, значительное влияние на интерпретацию получаемых результатов оказывает взаимодействие испытуемого с комплексом аппаратных средств, применяемых для получения объективной информации о работе органов и систем организма спортсмена при воздействия на него физических нагрузок.

В соответствии с принципом дополнительности, сформулированным Н. Бором, данные, полученные при разных условиях опыта, не могут быть отражены единственной картиной. Скорее их следует рассматривать как дополнительные, и только совокупность разных явлений может дать положительное представление о свойствах и сущности изучаемого объекта (Демирчоглян Г.Г., 1973).

Следуя феноменологической концепции Н. Бора, анализ целого объекта, равно как и целостный подход, требуют дополнительных характеристик, которые отражают специфические черты изучаемого явления. В разное время условия, при которых проводятся наблюдения, меняются, вследствие чего необходима дополнительная информация об изучаемом процессе, предмете или явлении.

Для решения конкретных проблем, возникающих при практической работе, используется широкий набор специфических методов. В спорте высших достижений с его максимальными нагрузками и истощением адаптационных ресурсов организма особенно продуктивным бывает привлечение методов исследования из более развитых научных дисциплин. Повышение уровня методической оснащённости с большей объективностью и точностью управлять процессом тренировки, своевременно внося коррективы при отклонениях от оптимального пути достижения цели.

В таблице 2 представлены параметры измерения и основные методы, классифицированные по подсистемам комплексного контроля,

применяемые в спорте.



**Таблица 2.** Параметры измерения и основные методы медико-биологического комплексного контроля, применяемые в спорте высших достижений

<b>Биомеханический контроль</b>	
Биомеханические характеристики	Методы измерения
<p>Фазовые:</p> <p>Длительность:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отдельных фаз движения,</li> <li>- всего упражнения</li> <li>- ритмо-темповые:</li> <li>- темп,</li> <li>- ритм,</li> <li>- длительность цикла.</li> </ul> <p>Координационная согласованность работы мышц</p>	<p>Биомеханическая скоростная видеоциклография</p> <p>Подометрия Акселерометрия</p> <p>Электромиография</p>
<p>Кинематические:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перемещения и скорости движения ОЦМ в цикле,</li> <li>- угловые перемещения и угловые скорости движения в отдельных суставах,</li> <li>- средние и мгновенные скорости движения по дистанции или на отдельных отрезках дистанции</li> </ul>	<p>Биомеханическая скоростная видеоциклография</p> <p>Гониометрия</p> <p>Спидография</p>
<p>Динамические:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- динамограммы при выполнении различных тестов (прыжок вверх с места, прыжки в глубину с различных высот),</li> <li>- динамограммы при выполнении основного упражнения спортивной специализации,</li> <li>- усилия на элементах спортивного инвентаря,</li> <li>- расчет управляющих моментов в отдельных суставных сочленениях,</li> <li>- полидинамометрия мышц опорно-двигательного аппарата</li> </ul>	<p>Динамометрия</p> <p>Изокинетическая динамометрия</p>
<p>Энергетические:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет внутренней и внешней работы ОЦМ при прохождении отрезков дистанции,</li> <li>- расчет кинетической и потенциальной энергии движения отдельных звеньев тела,</li> <li>- расчет коэффициентов рекуперации энергии,</li> <li>- расчет коэффициента механической эффективности.</li> </ul>	<p>Биомеханическая скоростная видеоциклография</p>
<b>Физиологический контроль</b>	
Физиологические характеристики	Методы измерения
<p>Линейные размеры тела, сегментов тела, фракционный состав тела</p>	<p>Антропометрия, калиперометрия</p>
<p><i>Сердечно-сосудистая система:</i> ЧСС, АД, сердечный ритм, биопотенциалы сердца, МОК, УО, параметры анатомических структур</p>	<p>Пульсометрия, Сфигмоманометрия, Интервалокардиометрия,</p>

сердца (объем полостей, масса и толщина миокарда и т.д.)	Допплерэхокардиография, Реография, Эхокардиография
Дыхательная система: ЧД, ЖЕЛ, МВЛ, мощность вдоха и выдоха. Показатели легочного газообмена (МПК, МОД, КИК и др.)	Пневмотахометрия, Спирометрия, Пневмоманометрия, Спироэргометрия, газометрия
Нервно-мышечный аппарат: Тонус мышц, упруго-вязкие свойства мышц, скорость произвольного напряжения и расслабления, биопотенциалы мышц	Миотонометрия, Сейсмоэлектрометрия, Электромиография
Центральная нервная система и анализаторы: Биопотенциалы мозга, время сенсомоторных реакций, физиологический тремор, вестибулярная устойчивость, КЧССМ, асимметрия мозга	Электроэнцефалография, Хронорефлексометрия, Треморометрия, Стабилография, Частотометрия, Латерометрия
<b>Биохимический контроль</b>	
Биохимические характеристики	Методы измерения
Гомеостаз: Лактат, рН, мочевины, КФК, гемоглобин, гематокрит, глюкоза, фосфор неорганический	Гемометрия, Биотест
Гормоны: Кортизол, Тестостерон, АЛТ, АСТ, ТТГ, Тироксин, Пролактин.	Методы контроля гормонального статуса
Микроэлементы: Магний, фосфор, кальций, железо,	Гемометрия
<b>Психологический контроль</b>	
Психологические характеристики	Методы измерения
Латентное время простой и сложной реакции, КЧССМ, квазиустойчивая разность биопотенциалов, тремор, ФСАН, чувство времени, реакция антиципации, точность дифференцировки усилий, максимальная частота движений, способность к самоконтролю и соморегуляции.	Хронорефлексометрия, Частотометрия, Вольтметрия, РДО, Виброметрия, Аттенциометрия, Частотометрия, Цветовой тест Люшера

Анализ литературы позволил разработать номенклатуру параметров комплексной медико-биологической диагностики в пяти основных группах видов спорта (циклических, скоростно-силовых, единоборствах, игровых, со сложной координацией движений) и в четырех подсистемах контроля (педагогического, биомеханического, медико-биологического, психологического), используемых в различных видах контроля (ЭКО, ТО, ОСД).

Выявленные параметры и методы были подвергнуты логическому и

статистическому анализу с целью определения параметров и методов, являющихся общими для всех видов спорта и входящих в каждую из указанных пяти групп видов спорта, т.е. проведена унификация – «приведение параметров и методов комплексного контроля к единообразию» по критерию группы видов спорта (1-й и 2-й уровни унификации), а затем проведена унификация по пяти подсистемам контроля и четырем видам контроля (3-й и 4-й уровни унификации).

В итоге получена номенклатура параметров и методов комплексного контроля, унифицированная по группам видов спорта и подсистемам контроля (табл. 3-7). Информативные параметры и методы контроля, унифицированные по группе циклических видов спорта, представлены в таблице 3.

**Таблица 3.** Параметры и методы комплексного контроля, унифицированные по группе циклических видов спорта и подсистемам контроля (педагогического, биомеханического, медико-биологического, биохимического и психологического)

<b>Наименование параметра контроля и единица измерения</b>	<b>Методы измерений</b>	<b>Вид обследований</b>
1	2	3
<b>Подсистема педагогического и биомеханического контроля</b>		
Время прохождения дистанции и ее отдельных отрезков, с, мин, час	Хронометрия, фотохронометрия, видиомагнитоскопия	ЭКО, ТО, ОСД,
Средняя скорость прохождения дистанции, м/с	Хронометрия, спидометрия, радиолокация	- / -
Темп (частота) движений, дв/мин	Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Ритм движений, отн. ед.	- / -	- / -
Длина «шага»	Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Число двигательных циклов на заданном отрезке	Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Физические параметры внешней тренировочной нагрузки, м, км Путь, пройденный за тренировку Путь, пройденный в микроцикле подготовки	Дистанциометрия	ТО

Мгновенная скорость( ее динамика) на дистанции , м/с	Тахокорпометрия, Спидометрия, Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Линейные перемещения ОЦТТ и его звенья в цикле, м, по горизонтали по вертикали	Биомеханическая скоростная видеоциклография	ОСД, ТО
Угловые перемещения в суставах(тазобедренных, коленных, голеностопных, локтевых), угл. град.	Гониометрия	- / -
Усилия при опорных взаимодействиях (динамика), по горизонтали, по вертикали, по трансверсали	Динамометрия	ЭКО, ТО
Усилия на элементах весла (лодки), на элементах велосипеда и другого спортивного инвентаря, н	- / -	- / -
Параметры свойств внешней среды, коэффициент трения скольжения лыжи, о поверхность лыжи, сила лобового сопротивления, н, воздушной среды, водной среды	Динамография, моделирование, продувка моделей спортсмена и инвентаря в аэродинамической трубе	ТО, - / -
<b>Подсистема медико-биологического контроля</b>		
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	Пульсометрия	ЭКО, ТО
Ритм работы сердца (период R–R ), с	Ритмовазометрия	ЭКО, ТО
Артериальное давление (АД), в норме и при нагрузке, СД, ДД	Сфигмоманометрия, артериальная осциллография	ЭКО, ТО
Биопотенциалы сердца амплитуда, мВ частота, Гц, продолжительность фаз, с	Электрокардиография	ЭКО, ТО,
Параметры сократительной функции миокарда	Эхокардиография	ЭКО
Изменение кровенаполнения печени	Реография	- / -
Параметры анатомических структур сердца (объем полостей сердца, масса миокарда, толщина миокарда желудочков и др.)	Ультразвуковая эхокардиография (ЭХОКГ)	- / -
Объем сердца, см <sup>3</sup>	Телерентгенография	- / -
Минутный объем крови (МОК), л/мин	Поликардиография, тетраполярная реография	ЭКО
Систолический объем крови, мл	- / -	- / -
<b>Показатели внешнего дыхания:</b> Частота дыхания (ЧД), дых/мин Максимальная вентиляция легких (МВЛ), л Мощность вдоха и выдоха, л/с	Пневмотахометрия Спирометрия Пневмотахометрия	ЭКО, ТО
<b>Показатели легочного объема:</b> ЖЕЛ, минутный объем дыхания (МОД)	Спироэргометрия, газометрия Спирометрия Пневмотахометрия	- / -
<b>Параметры нервно-мышечного аппарата</b>		

Тонус мышц (твердость, упруго-вязкие свойства, эластичность): напряженное состояние, миотон, расслабленное состояние, миотон	Миотонометрия, сейсмоэлектрометрия, Виброметрия	ЭКО, ТО
<b>Биопотенциал мышц (ЭМГ):</b> амплитуда, мВ частота, Гц	Электромиометрия	ЭКО
Латентное время напряжения и расслабления мышц, мс, ЛВН, ЛВР	Электромиометрия	ЭКО, ТО
<b>Антропологические параметры:</b> масса мышечной и жировой ткани тела, линейные размеры тела, см, общая масса тела, кг	Антропометрия	ЭКО, ТО
<b>Пробы и эргометрические тесты</b>		
<b>Ортоstaticкая проба</b> изменение ЧСС, уд/мин, АД, мм рт.ст.	Пульсометрия Сфигмоманометрия	ЭКО, ТО
Велоэргометрический тест-проба со ступенчатым повышением мощности нагрузки	Велоэргометрия	ЭКО
Общая физическая работоспособность (ФР) с помощью велоэргометрического теста-пробы PWC170, кгм/м	Велоэргометрия	ЭКО, ТО
Тестирование на тредбане со ступенчатым повышением нагрузки (изменение скорости или угла наклона ленты) до отказа от работы	Хронометрия, спидометрия, Тахометрия	ЭКО
<b>Подсистема биохимического контроля</b>		
Молочная кислота в крови, мМоль/л	Лактометрия	ЭКО, ТО
Мочевина в крови в норме, мМоль/л	Биотест	ЭКО, ТО
Кислотно-щелочное равновесие (КЩР) до нагрузки, после нагрузки на тредбане	pH-метрия,	ЭКО, ОСД
pCO <sub>2</sub> – напряжение углекислого газа в крови, мм.рт.ст. до нагрузки, после нагрузки	- / -	- / -
Глюкоза в крови в покое, натощак, мМоль/л в норме, после кратковременной (10-15 мин) предельной нагрузки	Гемометрия, Биотест	ЭКО, ОСД
Глицерин, мМоль/л	- / -	ЭКО, ОСД
Неэстрифицированные жирные кислоты (НЕЖК), мэкв/л	- / -	ЭКО, ОСД
Пируват, мМоль/л	- / -	ЭКО, ТО
Креатинин, мМоль/л	- / -	ЭКО, ТО
Кортизол, мМоль/л		ЭКО, ТО
Тестостерон, мМоль/л		ЭКО, ТО
АЛТ		ЭКО
АСТ		ЭКО
Специальные параметры контроля: параметры гормонального статуса обеспеченность витаминами иммунологический контроль за уровнем иммунореактивности организма на основных этапах подготовки	Комплексное определение реакций В- и Т- систем иммунитета	- / -
<b>Подсистема психологического контроля</b>		
Время простой реакции, мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Квазиустойчивая разность биопотенциалов (лоб-ладонь): частота, гц, амплитуда, мВ	Мультиметрия, Вольтметрия	- / -
Критическая частота слияния световых мельканий (КЧССМ), Гц	Частотометрия	- / -

Кожно-гальваническая реакция (КГР): частота, гц, амплитуда, мВ	Вольтметрия, патенциометрия	- / -
Электрическое сопротивление кожи (ЭКС), ом	Биометрия	- / -
Тремор: амплитуда, мкм, частота, Гц	Виброметрия, сейсмометрия	- / -
Физическое самочувствие, активность, настроение, усл.ед.	ФСАН-метод многофакторного шкалирования	ЭКО
Ритмо-темповая чувствительность, усл. ед.	Темпометрия	ЭКО
Чувство времени, реакция антиципации, с	РДО	- / -

Информативные параметры и методы комплексного контроля унифицированные по группе скоростно-силовых видов спорта даны в таблице

**Таблица 4.** Параметры и методы комплексного контроля, унифицированные по группе скоростно-силовых видов спорта и подсистемам контроля (педагогического, биомеханического, медико-биологического и психологического)

Наименование параметра контроля и единица измерения	Методы измерений	Вид обследований
1	2	3
<b>Подсистема параметров и методов педагогического и биомеханического контроля</b>		
Прыжок с места вверх с участием рук (высота), м	Подометрия, Тензометрия, Электрохронометрия	ЭКО, ТО
Время пробегания фиксированного расстояния (30 м), с	Фотохронометрия	ЭКО, ТО
Статическая сила стопы, н	Динамометрия	ЭКО, ТО
Количество приседаний со штангой на плечах 100-200% собственной массы		ЭКО, ТО
Скорость разбега при входе в толчок в прыжках, м/с	Фотохронометрия	ЭКО, ТО, ОСД
Время пробегания фиксированного участка пути в прыжках в длину по движению, с: 100 м, 50 м, 30 м	Фотохронометрия	- / -
Прыжки в длину с разбега, м: с 7-8 шагов, с 11-12 шагов	Дистанциометрия, Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Длина бегового шага, м	Подография	- / -
Метание мужского ядра двумя руками, м	Дистанциометрия	ЭКО, ТО
Тройной прыжок с 10 шагов разбега, м	- / -	- / -

Частота (темп)беговых движений, Гц	Темпометрия, сейсмография, видеомагнитоскопия, скоростная видеоциклография	ЭКО, ТО, ОСД,
Число беговых циклов на дистанции, например, на 100 м (бег)	Сейсмография, Подография, Тензодинамография, Видеомагнитоскопия	- / -
Максимальная сила отдельных мышечных групп, н	Динамокорпометрия	ЭКО, ТО
Время реакции на выстрел стартера (время от момента выстрела до ухода с колодок), с	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО ОСД
Усилия взаимодействия спортсмена с опорой, н: по горизонтали, по вертикали, по трансверсали	Динамометрия, Тензодинамометрия	- / -
Продолжительность опорной фазы в беге, мс	Подометрия	- / -
Продолжительность полетной фазы в беге, мс	Видеомагнитоскопия	
Ускорение линейной ОЦТ тела и его звеньев, м/с <sup>2</sup> : по горизонтали, по вертикали, по трансверсали	Акселерография	- / -
Изменение угла в тазобедренном и голеностопном суставах, град.	Гониокопрография	- / -
Угол вылета ОЦТ в прыжках в высоту, град.	Биомеханическая скоростная видеоциклография	
Скорость разбега на последнем шаге в прыжках в высоту, м/с	Фотохронометрия	- / -
Скорость вылета ОЦТ в прыжках, м/с	Биомеханическая скоростная видеоциклография, видеомагнитоскопия	- / -
Вектор усилия в фазе отталкивания	Тензодинамометрия	ЭКО, ТО
Угол вылета ОЦТ в прыжках в длину, град.	Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Длина полетной фазы в тройном прыжке, м	- / -	- / -
Длина последних шагов перед отталкиванием в прыжках в длину, м	Подометрия, Биомеханическая скоростная видеоциклография	- / -
Длина шага при разбеге в прыжках в высоту, м	Кинематография, подография, видеомагнитоскопия	- / -
Соотношение длительности фаз торможения (амортизации) и отталкивания: в беге на 100 м, в беге на 400 м	Биомеханическая скоростная видеоциклография	

Угол вылета снаряда, град.: Копье, диск, ядро, молот	Биомеханическая скоростная видеоциклография	ЭКО, ТО, ОСД
Начальная скорость вылета снаряда, м/с: диск, ядро, молот	Акселерометрия, скоростная видеоциклография	- / -
Амплитудно-временные параметры модуля вектора силы взаимодействия с опорой (характеристика динамической «взрывной» силы ног), н, с	Тензодинамометрия	- / -
<b>Подсистема медико-биологического контроля</b>		
Частота сердечных сокращений (ЧСС), уд/мин	Пульсометрия	ЭКО, ТО, ОСД
АД в норме и при нагрузке, мм.рт.ст.: СД, ДД	Сфигмоманометрия	- / -
Биопотенциалы сердца: амплитуда, мВ, частота, гц	Электрокардиография	- / -
Продолжительность фаз (зубцов), с	- / -	- / -
Параметры сократительной функции миокарда	Поликардиография	ЭКО, ТО
МОК, л/мин	Поликардиография, Тетраполярная реография(грудная)	ЭКО, ТО
Параметры внешнего дыхания: ЧД, дых/мин, МВЛ, л	Пневмотахометрия, Спирометрия	ЭКО, ТО
<b>Параметры ЦНС</b> Биопотенциалы мозга: амплитуда, мВ, частота, гц, форма волн (альфа, бета, гамма, дельта, Е-волна)	Электроэнцефалография, Реоэнцефалография	ЭКО
<b>Параметры нервной и аналитической систем</b>		
Время сенсомоторных реакций на простые и сложные раздражители, мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Вестибулярная устойчивость: амплитуда колебаний ОЦТТ, мм, частота, гц	Стабилография, Вестибулометрия	ЭКО, ТО
Порог электрической чувствительности глаза (Фосфен): реобаза, В, максимальная граница раздражающих электрических импульсов, имп/с, КЧССМ, гц	Электрофосфенометрия Частотометрия	ТО, ЭКО, ОСД
<b>Параметры нервно-мышечного аппарата, миотон</b>		
Тонус мышц, напряженное состояние, расслабленное состояние	Миотонометрия	ТО, ЭКО
Упруго вязкие свойства мышц (логарифмический декремент затухания вызванных колебаний в мышце, величина собственной частоты колебаний мышцы, гц)	Сеймотономиография, Виброметрия	ТО
<b>Биопотенциал мышц (ЭМГ):</b> амплитуда, мВ, частота, гц	Электромиография	ТО, ЭКО



Частота электрических импульсов раздражения, при которой сохраняется стабильность амплитуды М-ответа, гц	Электростимуляционная электромиография	ТО, ЭКО
Длительность рефлекторного периода М-ответа, мс	Электростимуляционная электромиография	ТО, ЭКО
<b>Пробы и тесты</b>		
<b>Ортостатическая проба</b> изменение ЧСС, уд/мин изменение АД, мм рт.ст.	Пульсометрия Сфигмоманометрия	ЭКО
<b>Проба на вестибулярную устойчивость:</b> проба Ромберга (максимальное время устойчивости), с проба Яроцкого (максимальная длительность сохранения равновесия), с	Хронометрия - / -	- / -
Велоэргометрический тест-проба PWC170, кгм/мин	Велоэргометрия	ЭКО
Тестирование специальной работоспособности с помощью спецтестов и тренажеров	Тестирование, Хронометрия, Пульсометрия	ЭКО, ТО
30 – секундный тест «Wingat»	Велоэргометрия	ЭКО, ТО
<b>Подсистема биохимического контроля</b>		
Молочная кислота (лактат) в крови, ммоль/л	Лактометрия	ЭКО, ТО
Мочевина в крови в норме, ммоль/л	Биотест	ЭКО, ТО
Фосфор неорганический (ФН) в крови, ммоль/л	Гемометрия	ЭКО, ТО
Концентрация водородных ионов – рН до нагрузки, после нагрузки (велоэргометрической)	рН-метрия	ЭКО
Глюкоза в крови, ммоль/л в покое натощак, после кратковременной (10-15 мин) предельной нагрузки	Гемометрия	ЭКО
<b>Специальные параметры контроля:</b> количество «быстрых», «медленных» мышечных волокон, параметры гормонального статуса, обеспеченность организма витаминами, иммунологический контроль за уровнем иммунореактивности организма на основных этапах подготовки (по функциональной активности Т- и В-лимфоцитов крови)	Биопсия мышц, Метод реакции бласттрансформации, индуцированной фитогемаглютинином (РБТ с ФГА)	ЭКО
<b>Подсистема психологического контроля</b>		
Латентное время реакции, мс, простой, сложной	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Чувство времени, реакция антиципации, с	РДО	ЭКО, ТО
Квазистационарная разность потенциалов (лоб-ладонь): частота, гц, амплитуда, мв, точность дифференцировки усилий, кгс, н	Мультиметрия, вольтметрия Атенциометрия	ЭКО, ТО
ЭКС: амплитуда, ом, частота, Гц	Биоомметрия	ЭКО, ТО

Тремор: амплитуда, мкм, частота, гц	Виброметрия, сейсмометрия	ЭКО, ТО -
Способность к самоконтролю и саморегуляции, усл.ед. баллы	15-ступенчатая шкала «градусник» (Ю.Я.Киселев, Ю.Л.Ханин,1971)	ЭКО
Максимальная частота движений (теппинг-тест), за 10 с	Частотометрия	ЭКО, ТО

Информативные параметры и методы комплексного контроля, унифицированные по группе спортивных единоборств, представлены в таблице 5.

**Таблица 5.** Параметры и методы комплексного контроля, унифицированные по группе спортивных единоборств и подсистемам контроля (педагогического, биомеханического, медико-биологического, биохимического и психологического)

Наименование параметра контроля и единица измерения	Методы измерений	Вид обследований
1	2	3
Подсистема параметров и методов педагогического и биомеханического контроля		
<b>Параметры тактико-технической подготовленности</b>		
<b>Параметры тренировочной нагрузки в соответствии с КЦП:</b> время чистой тренировочной работы - объем тренировочной нагрузки, час, мин, с общее время занятий, час, мин интенсивность тренировочной нагрузки(И), число приемов, мин интегральный показатель нагрузки, число приемов	Хронометрия, видеомагнитоскопия - / - - / - - / - - / -	ЭКО, ТО - / - - / - - / -
Произведение объема на интенсивность (ОХИ)	- / -	- / -
<b>Параметры активности и эффективности соревновательной деятельности</b>		
<b>Эффективность атакующих и защитных действий:</b> объем атакующих и защитных действий, число приемов разнообразие атакующих, контратакующих и защитных действий, отн. ед. коэффициент активности – число приемов в единицу времени коэффициент надежности, отн.ед.	- / - - / - - / - - / -	ЭКО, ТО, ОСД - / - - / - - / -

средняя оценка технического действия, в баллах	- / -	- / -
время (интервал) проведения атаки (защиты), с	- / -	- / -
время переключения от защиты к атаке, с	- / -	- / -
Усилие, развиваемое при взаимодействии с опорой (реакция опоры), н	Динамометрия	ЭКО
Угловые перемещения в суставах, град	Гониокарпография	ЭКО
Ускорения ОЦТ тела и его звеньев, м/с <sup>2</sup>	Акселерокарпография, Биомеханическая скоростная видеоциклография	ЭКО, ТО, ОСД
Параметры колебаний системы «стрелок-оружие»: амплитуда, мм, частота, гц	Сейсмография, Акселерометрия, Стабилография, Вестибулометрия	ЭКО, ТО
«Взрывная» сила ведущих мышц н/с	Инерционная динамометрия, Тензодинамометрия	ЭКО
Сила удара(бокс), н	Тензодинамометрия	ЭКО, ТО
Импульс силы удара	- / -	ЭКО, ТО
Мощность удара	- / -	ЭКО, ТО
Быстрота удара, мс	- / -	ЭКО, ТО
<b>Подсистема параметров и методов медико-биологического контроля</b>		
ЧСС, уд/мин	Пульсометрия	ЭКО, ТО
АД в норме и при нагрузке, мм.рт.ст.: СД, ДД	Сфигмоманометрия	- / -
<b>Биопотенциалы сердца:</b> амплитуда, мВ, частота, Гц, продолжительность фаз (зубцов), с	Электрокардиография	ТО, ЭКО
Шумы (тоны) сердца, гц	Фонокардиография	ЭКО
МОК, л/мин	Поликардиография, тетраполярная, реография	ЭКО
Количество крови (мл), выбрасываемое за одно сокращение - систолический объем крови (СОК)	- / -	- / -
<b>Параметры центральной нервной системы</b>		
<b>Биопотенциалы мозга:</b> амплитуда, мВ, частота, гц, форма волн (альфа, бета, гамма, дельта, Е-волна)	Электроэнцефалография	ЭКО
<b>Параметры нервной и анализаторной систем</b>		
Время сенсорных реакций на простые и сложные раздражители, мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Параметры физиологического тремора: амплитуда, мкм, частота, гц	Треморометрия, треморграфия	ТО
Критическая частота слияния световых (звуковых) мельканий, гц	КЧССМ, метод регистрации (счета) импульсов стабильной частоты	ЭКО, ТО

Параметры биоэлектрически активных точек (БАТ) тела	Диагностическая электроакупунктура	ЭКО, ТО
Порог электрической чувствительности глаза (Фосфен): реобазы, В, максимальная частота импульсов, имп/с	Электрофосфенометрия	ЭКО, ТО
<b>Параметры контроля функционального состояния нервно-мышечного аппарата</b>		
Тонус мышц (твердость, эластичность, упругость) напряженное состояние, расслабленное состояние	Миотонометрия, Электромиотонометрия, Сейсмоэлектротонометрия	ЭКО, ТО
Хронаксия, с, реобазы, М-ответ мышц, отн. ед	Хронаксиометрия Электростимуляционная электромиография	ЭКО
Биопотенциал мышц (ЭМГ): амплитуда, мВ, частота, Гц, длительность	Электромиография, электромиометрия	ЭКО
Латентное время напряжения и расслабления мышц, МС: ЛВН, ЛВР	Электромиометрия	ЭКО, ТО
Статическая сила основных мышечных групп	Полидинамометрия	ЭКО
<b>Параметры дыхательной системы</b>		
Показатели легочного газообмена, МВЛ, л, ЖЕЛ. Мл, ЧД дых/мин	Спирометрия, Пневмотахометрия, Газометрия	ЭКО
<b>Параметры антропометрические:</b> Линейные размеры тела, см Масса тела, кг Абсолютная масса мышечной ткани, кг Абсолютная масса жировой ткани, кг Активная масса тела, кг	Антропометрия	ЭКО, ТО
<b>Пробы и тесты</b>		
<b>Оргостатическая проба по показателям:</b> изменение ЧСС, уд/мин, изменение АД, мм рт.ст.	АД ЧСС	ЭКО, ТО
Велоэргометрический тест со стандартной нагрузкой, (по показаниям), кгм/мин	Велоэргометрия	ЭКО
Велоэргометрический тест-проба со ступенчатым повышением мощности нагрузки до отказа от работы	Велоэргометрия	ЭКО
ФР с помощью велоэргометрического теста-пробы PWC170, кгм/мин	Велоэргометрия	ЭКО
<b>Специальные функциональные пробы:</b> броски чучела в течение 6 мин контрольные схватки (поединки) Тестирование специальной работоспособности с помощью тренажерных устройств, спецтестов (стандартная индивидуальная комбинация технических действий)	Хронометрия ЧСС АД ЭКГ и др. - / -	ЭКО    - / -
<b>Подсистема параметров и методов биохимического контроля</b>		

Молочная кислота, мМоль/л	Гемометрия	ЭКО, ТО
Концентрация водородных ионов – рН до нагрузки, после нагрузки (велоэргометрической 195 кгм/кг по 3 мин)	- / -	ЭКО, ТО
Мочевина мМоль/л		ТО
Кетоновые тела мМоль/л		ЭКО, ТО
Неорганический фосфор, мэкв/л		ЭКО, ТО
Кортизол мМоль/л		ЭКО, ТО
Тестостерон мМоль/л		ЭКО, ТО
<b>Специальные параметры контроля:</b> параметры гормонального статуса обеспеченность организма витаминами иммунологический контроль за уровнем иммунореактивности организма на основных этапах подготовки		ЭКО
<b>Подсистема психологического контроля</b>		
Время сенсомоторных реакций на условные и специфические раздражители (простые и сложные), мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Время реакции выбора из 2+4 альтернатив, мс	- / -	ЭКО, ТО
Физиологический тремор конечности амплитуда, мкм, частота, гц	Виброметрия	ЭКО, ТО
Время дифференцированных реакций, мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Чувство времени, время антиципации, мс	РДО	ЭКО, ТО
Точность определения дозированного усилия в темпе движений, отн.ед.	Атенциометрия	ЭКО, ТО
ЭКС, ом	Потенциометрия, биоомметрия	ЭКО, ТО
Реакция на движущийся объект, отн.ед.	РДО	ЭКО, ТО
КЧССМ, Гц	Частотометрия	ЭКО, ТО
Квазистационарный потенциал (лоб-ладонь): частота, гц, амплитуда, мВ	Мультиметрия, Вольтметрия	ТО, ЭКО
Адекватность оценочных суждений	Адекватометрия	
Самооценка самочувствия, настроения, желаний соревноваться, отн. ед. баллы	15-ступенчатая шкала «градусник», Тест Люшера	ЭКО, ТО
Максимальная частота движений (теппинг-тест), с	Метод счета числа импульсов за заданный интервал времени (частотометрия)	ЭКО, ТО

Информативные параметры и методы комплексного контроля унифицированные по группе игровых видов спорта представлены в таблице 6.

**Таблица 6.** Параметры и методы комплексного контроля, унифицированные по группе игровых видов спорта и подсистемам контроля

(педагогического, биомеханического, медико-биологического, биохимического и психологического)

Наименование параметра контроля и единица измерения	Методы измерений	Вид обследований
1	2	3
Подсистема параметров и методов педагогического и биомеханического контроля		
<p><b>Эффективность, активность, разнообразие, объем тактических действий:</b>                      количество басков по корзине, ударов по воротам и тд.;                      количество добиваний мяча (шайбы) в течении матча %;                      количество голевых передач за игру;                      количество ударов по воротам ногой (головой);                      количество перехватов мяча (шайбы);                      количество результативных введений, обводок, отборов;                      время перехода от обороны к атаке и наоборот, с;                      продолжительность атакующих действий, с;</p>	<p>Стенография                      Видеомагнитоскопия                      Хронометрия</p>	<p>ЭКО, ТО</p>
<p><b>Параметры качества силы:</b>                      сила кисти, н;                      становая сила, н;                      высота выпрыгивания с места толчком двумя ногами, см;                      мощность отталкивания, вт;                      многоскоки, средняя высота (мощность) 20 – 30 выпрыгиваний с места толчком двумя ногами, см, вт;</p>	<p>Динамометрия                       Тензометрия                       Тензометрия</p>	<p>ЭКО, ТО</p>
<p><b>Параметры быстроты:</b>                      время пробегания с места 6 м, с;                      время пробегания с места 15 м, с;                      время пробегания с хода 15 м, с;                      время пробегания отрезков 30, 60, 100 м, с;</p>	<p>Фотохронометрия</p>	<p>ЭКО, ТО</p>
<p><b>Параметры скоростной и общей выносливости:</b>                      время пробегания 400 м, с;                      время пробегания 3000 м, мин,с;                      расстояние пробегаемое за 12 мин (тест Купера), м.</p>	<p>Хронометрия</p>	<p>ЭКО</p>

Сила удара по мячу (шайбе), н; Скорость полета мяча (шайбы), м/с;  Импульс силы удара по мячу (шайбе); Траектория полета мяча (шайбы); Угловые перемещения в суставах (тазабедренном, коленном, голеностопном), град; Параметры межмышечной координации	Тензодинамометрия Фотохронометрия Скоростная видеосъемка  Гонеометрия  Миография (многоканальная)	ЭКО, ТО
---	--	---------

<b>Подсистема параметров и методов медико-биологического контроля</b>		
ЧСС, уд/мин	Пульсометрия	ЭКО, ТО
АД в покое и при нагрузке, мм.рт.ст.: СД, ДД	Сфигмоманометрия	ЭКО, ТО
<b>Биопотенциалы сердца:</b> амплитуда, мВ, частота, Гц, продолжительность фаз (зубцов), с	Электрокардиография	ЭКО, ТО
Шумы (тоны) сердца, гц	Фонокардиография	ЭКО
МОК, л/мин, Количество крови (мл), выбрасываемое за одно сокращение - систолический объем крови Параметры анатомических структур сердца (объем полостей сердца, масса и толщина миокарда и тд.).	Поликардиография Тетраполярная реография Эхокардиография	ЭКО
<b>Параметры дыхательной системы:</b> показатели легочного газообмена, МВЛ, л, ЖЕЛ мл, ЧД дых/мин	Спирометрия, Пневмотахометрия, Газометрия	ЭКО
<b>Биопотенциалы мозга:</b> амплитуда, мВ, частота, гц, форма волн (альфа, бета, гамма, дельта, Е-волна)	Электроэнцефалография	ЭКО
<b>Параметры нервной и анализаторной систем:</b> время сенсорных реакций на простые и сложные раздражители, мс; точность воспроизведения положений звеньев тела, порог суставно-мышечной чувствительности	Хронорефлексометрия  Гониометрия, Киноциклография	ЭКО, ТО
Границы поля зрения, угл. град	Кампиметрия	ТО
Параметры физиологического тремора: амплитуда, мкм, частота, Гц	Треморометрия, треморграфия	ТО

Критическая частота слияния световых (звуковых) мельканий, Гц	КЧССМ, метод регистрации (счета) импульсов стабильной частоты	ЭКО, ТО
Параметры биоэлектрически активных точек (БАТ) тела	Диагностическая электроакупунктура	ЭКО, ТО
<b>Порог электрической чувствительности глаза (Фосфен):</b> реобазы, в, максимальная частота импульсов, имп/с	Электрофосфенометрия	ЭКО, ТО
<b>Вестибулярная устойчивость:</b> амплитуда колебания ОЦТТ, мм; частота колебаний ОЦТТ, гц	Стабилография	ТО
<b>Параметры контроля функционального состояния нервно-мышечного аппарата</b>		
Тонус мышц (твердость, эластичность, упругость) напряженное состояние, расслабленное состояние	Миотонометрия, Электромиотонометрия, Сейсмоэлектротонметрия	ЭКО, ТО
<b>Биопотенциал мышц (ЭМГ):</b> амплитуда, мВ, частота, Гц, длительность	Электромиография, электромиометрия	ЭКО
Латентное время напряжения и расслабления мышц, МС: ЛВН, ЛВР	Электромиометрия	ЭКО, ТО
Скорость мышечного сокращения, статическая и динамическая работоспособность мышц по М-ответу мышц, отн. ед	Электростимуляционная электромиография	ЭКО
<b>Параметры антропометрические:</b> Линейные размеры тела, см Масса тела, кг Абсолютная масса мышечной ткани, кг Абсолютная масса жировой ткани, кг Активная масса тела, кг	Антропометрия Калиперометрия	ЭКО, ТО
<b>Пробы и тесты</b>		
<b>Ортостатическая проба по показателям:</b> изменение ЧСС, уд/мин изменение АД, мм рт.ст.	АД ЧСС	ЭКО, ТО
Велоэргометрический тест со стандартной нагрузкой, (по показаниям), кгм/мин (вт)	Велоэргометрия	ЭКО
Велоэргометрический тест - проба со ступенчатым повышением мощности нагрузки до отказа от работы (вт)	Велоэргометрия	ЭКО
ФР с помощью велоэргометрического теста-пробы PWC170, кгм/мин	Велоэргометрия	ЭКО
Тестирование на тредбане со ступенеобразно повышающейся нагрузкой; Тест «Wingat», вт	Эргометрия Хронометрия ЧСС АД ЭКГ и др.	ЭКО



Тестирование специальной работоспособности с помощью спецтестов (стандартных комбинаций технических действий)	Хронометрия Пульсометрия ЭКГ	ЭКО, ТО
<b>Подсистема параметров и методов биохимического контроля</b>		
Молочная кислота, мМоль/л	Гемометрия	ЭКО, ТО
Концентрация водородных ионов – рН до нагрузки, после нагрузки (VELOЭРГОМЕТРИЧЕСКОЙ 195 КГМ/КГ ПО 3 МИН)		ЭКО, ТО
Мочевина мМоль/л	Биотест	ЭКО, ТО
Креатин, мМоль/л	Гемометрия	ЭКО, ТО
Неорганический фосфор, мэкв/л		ЭКО, ТО
Кортизол мМоль/л		ЭКО, ТО
Тестостерон мМоль/л		ЭКО, ТО
Специальные параметры контроля: параметры гормонального статуса обеспеченность организма витаминами иммунологический контроль за уровнем иммунореактивности организма на основных этапах подготовки		ЭКО
<b>Подсистема психологического контроля</b>		
Время сенсомоторных реакций на условные и специфические раздражители (простые и сложные), мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Время реакции выбора из 2-4 альтернатив, мс	- / -	ЭКО, ТО
Физиологический тремор конечности амплитуда, мкм, частота, гц	Виброметрия	ЭКО, ТО
Время дифференцированных реакций, мс	Хронорефлексометрия	ЭКО, ТО
Чувство времени, время антиципации, мс	РДО	ЭКО, ТО
Точность определения дозированного усилия в темпе движений, отн.ед.	Атенциометрия	ЭКО, ТО
ЭКС, ом	Потенциометрия, биоомметрия	ЭКО, ТО
Реакция на движущийся объект, отн.ед.	РДО	ЭКО, ТО
КЧССМ, Гц	Частотометрия	ЭКО, ТО
Квазистационарный потенциал (лоб-ладонь): частота, гц, амплитуда, мВ	Мультиметрия, Вольтметрия	ТО, ЭКО
Психическая совместимость, отн.ед, баллы;	Анкетирование	ЭКО, ТО
Способность к оперативному мышлению, отн.ед, баллы;	Анкетирование	ЭКО, ТО
Особенности эвристического решения игровых задач, отн.ед, баллы;	Анкетирование	ЭКО, ТО

Информативные параметры и методы комплексного контроля по группам



<p><b>Параметры качества силы:</b> Сила сгибателей и разгибателей предплечья, кисти, приводящей мышцы рук, разгибателей ног, н;</p> <p><b>Специальная силовая выносливость:</b> количество подъемов разгибом из вися угла;</p> <p>количество поднимания ног из вися на гимнастической стенке до прямого угла;</p> <p><b>Скоросно-силовые качества:</b> сгибателей руки по времени подъема по канату 3 м, с;</p> <p>брюшного пресса по времени 5 подниманий прямых ног из вися на гимнастической стенке до прямого угла, с;</p> <p>нижних конечностей по высоте выпрыгивания с места вертикально вверх со взмахом рук, см;</p> <p>по высоте отскока после спрыгивания на упругую опору, см;</p> <p>по количеству прыжков вертикально вверх за 10 с;</p> <p>по времени пробегания отрезка 20 м, с;</p> <p>по длине прыжка с места, с разбега, тройного,</p> <p><b>Гибкость, баллы:</b> угол наклона вперед из седа;</p> <p>угол подъема (удержания) ноги вперед и в сторону;</p> <p>прямой шпагат;</p> <p>гимнастический мост на одной ноге, другая вперед вверх (расстояние от кисти до пятки опорной ноги), см.</p> <p><b>Равновесие, с:</b> по времени удержания равновесия стоя на носке, другая в сторону руки вверх, с;</p> <p>то же, другая вперед;</p> <p>то же другая назад</p>	Полинамометрия	ЭКО, ТО
		ЭКО, ТО
	Хронометрия	ЭКО, ТО
	Тензометрия	
	Электрохронометрия	ЭКО, ТО
	Хронометрия	
	Дистанциометрия	ЭКО, ТО
	Гониометрия	ЭКО, ТО
		ЭКО, ТО
	Дистациометрия	
Хронометрия	ЭКО, ТО	
	ЭКО, ТО	

<p>Вектор силы отталкивания от опоры (мостика, помоста, трамплина, льда);</p> <p><b>Кинематические:</b>  линейные и угловые перемещения и скорости движения ОЦМ в специально-подготовительных и соревновательных упражнениях; угловые перемещения и угловые скорости движения в отдельных суставах; траектории движения ОЦМ и суставных точек тела спортсмена;</p> <p><b>Динамические:</b>  Моменты сил и моменты вращения в безопорной фазе относительно различных осей  Моменты инерции (осевые и центробежные) тела и его звеньев в опорных и безопорных фазах движения; Количество оборотов (вращений) тела вокруг осей, проходящих через его центр; Траектория движения ОЦТ тела и его звеньев</p>	<p>Динамотензометрия</p> <p>Динамотензометрия  Биомеханическая скоростная  видеоциклография</p> <p>Акселерометрия,  Биомеханическая скоростная  видеоциклография  Изокинетическая динамометрия</p> <p>Биомеханическая скоростная  видеоциклография  Стабилография</p>	<p>ЭКО, ТО ТО, ОСД</p> <p>ЭКО, ТО, ОСД</p> <p>ЭКО, ТО, ОСД</p> <p>ЭКО, ТО</p> <p>ЭКО, ТО</p>
---	---	--

В результате анализа материалов исследования установлены наибольшие различия в параметрах информативных показателей регистрируемых в процессе комплексного контроля спортсменов высокой квалификации, специализирующихся в различных группах видов спорта отмечены в подсистемах педагогического и биомеханического контроля, что свидетельствует о высокой специфичности внутригрупповых и существенных отличиях межгрупповых двигательных задач в разных группах видов спорта.

Полученные данные подтверждают возможность унификации ряда показателей подсистем медико-биологического, биохимического и психологического контроля, как информативных критериев физической работоспособности, морфо и психофункционального состояния спортсменов высокой квалификации в зависимости от спортивной специализации. К данной группе критериев работоспособности относятся показатели фракционного состава тела, энергетического метаболизма, функционального состояния кардиореспираторной системы, нервно-мышечного аппарата и центральной нервной системы, системы гомеостаза и гормонального статуса

организма.

Таким образом, можно утверждать, что унификация и стандартизация методов диагностики физиологических, биохимических психологических механизмов, обеспечивающих эффективную двигательную деятельность спортсменов различных специализаций на основе выделенных показателей, позволит оптимизировать систему научно-методического обеспечения спортсменов сборных команд и приступить к разработке модельных характеристик для оценки различных сторон их подготовленности.

## **2. Технология получения и преобразования данных с целью формирования рекомендаций тренеру и врачу по ключевым медико-биологическим методам диагностики**

Проведение регулярных проб для определения состояния спортсмена необходимо, чтобы планировать оптимальную тренировочную программу, снизить риск травмы и болезней, продлить спортивную жизнь и достигнуть максимальных результатов. Вторая важная цель медико-биологической диагностики - понимание спортсменом, чего он достиг и над чем следует поработать. Это помогает оценить эффективность того или иного упражнения и внести коррективы в тренировки.

С целью более эффективного изложения материала в данном разделе мы объединили несколько задач и излагаем их последовательно в данной части отчета. В частности это коснулось таких задач технического задания как: разработка системы интерпретации результатов данных медико-биологической диагностики с формированием рекомендаций тренеру и спортивному врачу; алгоритм преобразования данных, полученных в ходе диагностики в прогностические показатели и рекомендации тренеру и спортивному врач; методические рекомендации по процедуре сопровождения медико-биологической диагностики московских спортсменов.

Трудоемкой, но очень важной задачей является отфильтровывание информации, придание ей рациональной формы «массива» (как совокупности всех записей одного смыслового, тематического содержания) для

использования тренером и специалистами. В связи с этим создание стандартизированной методики обработки и интерпретации данных для выработки рекомендаций по обеспечению подготовки спортсменов является наиважнейшей задачей.

Диагностика состояния тренированности спортсменов имеет большое значение для определения уровня функционального состояния, выявления слабых сторон подготовленности, воздействуя на которые средствами тренировки, повышается общая и специальная работоспособность. Применение комплекса диагностических методов и методик позволяет существенно расширить информацию о взаимодействии различных систем организма, и определить критерии, способные характеризовать как уровень функциональных возможностей, так и степень напряженности адаптации к физическим нагрузкам.

Любой вид адаптации реализуется при активации механизмов гомеостаза. Спортивная тренировка существенно расширяет пределы гомеостатических границ, оптимальных для здоровья человека. Физиологические и биохимические параметры у спортсменов колеблются в более широких пределах, чем у человека, не занимающегося спортом (Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., 1971). Так как адаптация к мышечной деятельности представляет собой интеграцию разнообразных функций организма, то эффект приспособления обеспечивается процессами регулирования, которые направлены на сохранение физиологических констант. Ни одна отдельно взятая физиологическая система не является определяющей – решает комплексный принцип функционирования целостного организма. Важное условие контроля данного процесса - наличие методов и средств диагностики, а также комплексная оценка результатов обследования.

### **3.1 Методика стандартизации тестов по медико-биологической диагностики физической работоспособности**

При исследовании функциональных возможностей спортсменов применяется стандартизированный метод ступенчатого увеличения

дозированных физических нагрузок. Опыты проводятся в лабораторных условиях с использованием тредбана или велоэргометра (Волков Н.И., Ширковец Е.А., 1973; Шепард Р., Элин С., 1968; Consolazio С., Jonson Н., 1971; Ширковец Е.А., 1995; Дж.Дункан, Говард Э. Уэнгер, Говард Дж. Грина, 1998; Семаева Г.Н., 2004).

Изучение оптимальной формы физических нагрузок показало, что ступенчатое повышение мощности работы при тестировании имеет преимущество перед другими видами нагрузок при определении максимальной скорости потребления кислорода. В экспериментах с участием в качестве испытуемых взрослых спортсменов на эргометрах разных типов должна использоваться одна и та же схема повышения нагрузок, которая позволяет достигать предельных уровней функционирования биоэнергетических систем организма, не принося вреда испытуемому.

Условиями корректного тестирования со ступенчато повышающейся нагрузкой являются: а) длительность работы на каждой ступени, достаточная для развертывания функций организма и выхода на асимптотический уровень исследуемых параметров, б) количество последовательных повышений мощности работы должно составлять не менее 4 - 5 для вычисления биоэнергетических параметров (Волков Н.И., Ширковец Е.А., 1973).

Таким условиям удовлетворяют следующие процедуры: на тредбана начальная скорость задается 2,5 м/с, затем через каждые 2 - 3 минуты она увеличивается на 0,5 м/с и доводится до предельной при постоянном угле наклона ленты, равном 1 градус (Bottin R., Petit J.et all., 1970); на велоэргометре начальный уровень нагрузки составляет 450 кгм/мин и через каждые три минуты работы мощность увеличивается на 450 кгм/мин при постоянной частоте педалирования, равной 75 об/мин (Волков Н.И., Ширковец Е.А., 1973; Пярнат Я.П, Виру А.А., 1980).

Экспериментально доказано, что максимальные значения физиологических параметров с большей вероятностью достигаются при тестировании спортсменов высокого класса в специфических условиях их

деятельности (Муравьева Л.Ф., Грива Л.П., Цепкова Н.К., 1988). Так, у велосипедистов максимум потребления кислорода при тестировании на велоэргометре на 11% выше, чем на тредбане, а у бегунов - на 14% на тредбане выше, чем на велоэргометре (Bouckaert J., Vrijens J., Pannier J., 1990). Учитывая это, выбор типа эргометра при определении специальной работоспособности должен определяться спортивной специализацией.

Исследования следует проводить в условиях, отвечающих специфике вида спорта. Лабораторное изучение функциональных возможностей пловцов целесообразно осуществлять в гидроканале, велосипедистов - на велоэргометре, бегунов, лыжников-гонщиков, конькобежцев - на тредбане, гребцов-академистов, гребцов на байдарках и каноэ на гребном эргометре.

Вместе с тем велоэргометры и тредбаны успешно применяются для тестирования общей работоспособности спортсменов различных специализаций, так как педалирование и бег наиболее естественные для человека виды локомоций. Тест со ступенчато повышающейся мощностью дает возможность получить, кроме максимальных значений аэробных функций организма, также эргометрические показатели, применяемые для определения аэробного и анаэробного порога и зон мощности работы (Дж.Дункана Мак-Дугалла, Говарда Э. Уэнгера, Говарда Дж. Грина, 1998; Семаева Г.Н., 2004).

## **2.2      Технология получения медико-биологических данных по оценке выносливости**

Медико-биологические методы тестирования выносливости широко применяют в спортивной медицине и изучают в спортивных вузах и научных лабораториях. Важно распознать талантливых спортсменов, обучить тренеров, как определить возможности спортсмена, оценить эффективность тренировочных программ или средств, повышающих работоспособность, и помочь ученым понять, как результаты проб соотносятся с уровнем выносливости. Прежде чем выбирать пробу, нужно понимать основные физиологические факторы, обуславливающие выносливость. При



выполнении нагрузки на выносливость (например, повторные упражнения, требующие сокращения мышц в течение более 1 мин) важную роль играют три фактора.

1. МПК.
2. Анаэробный порог, или интенсивность упражнений, при которой можно их завершить без резкого повышения уровня молочной кислоты.
3. Экономичность движений, или эффективное преобразование полезной энергии в механическую работу (Coyle, 1995).

Все три фактора можно оценить тесте МПК. Для точного определения каждого из факторов, как правило, нужны разные пробы. Если МПК, анаэробный порог и экономичность движений обуславливают и предсказывают уровень выносливости, то нет лучшего показателя выносливости, чем сама работоспособность, определяемая во время пробы на выносливость. Такие пробы обычно применяют для оценки выносливости по времени до отказа (то есть как долго спортсмен может выполнять физическую нагрузку с заданной интенсивностью) и по скорости (то есть как быстро спортсмен может преодолеть заданную дистанцию - проба на время). Однако эти пробы существенно различаются по надежности, достоверности, специфичности и практической полезности, поэтому исследователь должен тщательно обдумать, какая проба лучше подходит для оценки выносливости в конкретной ситуации. Далее мы обсудим, как выбрать оптимальную пробу на выносливость.

Фактический уровень выносливости спортсмена (то есть время преодоления заданной дистанции) предсказывают три главных физиологических фактора, включая МПК, анаэробный порог и экономичность движений. Из них МПК более точно определяет выносливость среди неоднородной популяции (Butts et al., 1991), а анаэробный или лактатный порог и экономичность движений лучше предсказывают разницу в выносливости в однородной группе спортсменов, тренированных на выносливость (Farrell et al., 1979; Grant et al., 1997; Laursen, Rhodes, 2001;

Rhodes, McKenzie, 1984). Удобно то, что все три показателя можно определить с помощью пробы с возрастающей физической нагрузкой, хотя некоторые протоколы этой пробы подходят больше для измерения одного показателя, чем другого.

В данной работе мы уже писали о таком показателе, как МПК. По другому он еще называется аэробной способностью и отражает не только выносливость у спортсменов разной специализации и разного уровня (Butts et al, 1991), но и аэробную тренированность, функциональное состояние и состояние здоровья (Kohrt et al., 1987). Как подразумевает сам термин, МПК показывает максимальную способность организма поглощать и усваивать кислород. МПК - это совокупный показатель способности крови проходить через легкие, поглощая кислород и насыщая им гемоглобин, способность сердца доставлять оксигенированную кровь к действующим мышцам (сердечный выброс) и способность клеток поглощать и усваивать кислород из крови, поступающей через капилляры.

МПК измеряют непосредственно с помощью прибора, включающего спирометр и газоанализатор и измеряющего объем выдыхаемого воздуха и содержание кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе. Для расчета потребления кислорода и образования углекислого газа используют разность между известным содержанием кислорода (20,93%) и углекислого газа (0,03%) в воздухе и содержанием этих газов в выдыхаемом воздухе. Если некоторые ученые разрабатывают собственные компьютеризированные системы оценки метаболизма, то существуют и готовые, из которых чаще всего используют ParvoMedics (Crouter et al., 2006),

Sensormedics (Webster et al., 1998) и Medical Graphics CPX/D (Gore et al., 2003). Также имеются портативные приборы, позволяющие измерять потребление кислорода во время соревнований, в том числе Cosmed K4 (Nieman et al., 2006), Oxycon (Foss, Hallen, 2005) и BodyGem (Nieman et al, 2003).

При уровне физической нагрузки ниже анаэробного порога постепенное возрастание интенсивности обычно соответствует эквивалентному увеличению потребления кислорода. При интенсивности выше анаэробного порога дополнительные энергетические потребности уже не могут удовлетворяться за счет АТФ, образуемого в результате окислительного фосфорилирования, и энергия при высоких нагрузках должна поступать в том числе за счет анаэробного гликолиза, при котором пировиноградная кислота восстанавливается до молочной. В итоге при продолжении пробы с возрастающей физической нагрузкой потребление кислорода или продолжает увеличиваться, или перестает изменяться (равновесное состояние, или плато), или снижается. Если оно к моменту прекращения пробы не выходит на плато, значит, МПК не достигнуто, а наибольшее значение потребления кислорода, полученное при пробе, называют пиковым. У детей МПК достигается реже, возможно, из-за физической и психологической неподготовленности к высоким монотонным нагрузкам и преждевременному их прекращению (Rowland, Cunningham, 1992). Некоторые авторы считают, что определить истинное МПК можно только во время нагрузок с участием больших групп мышц, таких как бег или лыжные гонки, и что даже аэробную способность при велогонке следует классифицировать как пиковое потребление кислорода (Brooks et al., 1996). Однако, как правило, проба на велоэргометре позволяет определить МПК, особенно у тренированных велосипедистов. Независимо от того, достигает ли потребление кислорода равновесного значения в пробе с возрастающей физической нагрузкой, для того чтобы убедиться в достижении МПК, используют следующие вспомогательные критерии.

1. Максимальная ЧСС, равная  $220 - \text{Возраст} \pm 10$  мин.
2. Дыхательный коэффициент (отношение минутного выделения углекислого газа к минутному потреблению кислорода) больше 1,1.
3. Концентрация лактата в плазме выше 8 ммоль/л.
4. Отказ продолжить нагрузку из-за усталости.

При сравнении абсолютных значений МПК (в литрах в минуту) среди популяции с нормальным распределением отмечаются колебания МПК из-за различий в весе, росте, мышечной массе, возрасте, генетических факторах и телосложении, поэтому этот показатель не всегда надежно предсказывает уровень выносливости (Laursen, Rhodes, 2001). Однако когда МПК выражают в пересчете на килограмм веса, относительное МПК лучше отражает уровень выносливости. Этот относительный показатель выражают в миллилитрах на килограмм в минуту, умножая МПК в литрах в минуту на 1000, а затем поделив полученную величину на вес тела в килограммах.

Значение МПК также сильно зависит от типа физической нагрузки, при этом наибольшие значения обычно выявляют в лыжных гонках и беге на тредмиле (Droghetti et al., 1985; Kohrt et al., 1987; Schneider et al., 1990). Таким образом, самые высокие значения МПК выявляют обычно при режимах нагрузки, при которых задействованы большие группы мышц; скажем, при плавании работает меньше мышц. Тем не менее пробы для определения аэробной способности должны соответствовать специализации спортсмена. Например, МПК бегуна следует измерять во время бега на тредмиле, МПК велосипедиста - при велоэргометрии, МПК гребца — на гребном тренажере. В частности, у тренированных велосипедистов в пробе на велоэргометре МПК будет больше, чем при беге на тредмиле (Kohrt et al., 1987), а у тренированных триатлонистов обе пробы дадут сходные результаты (Laursen et al., 2005b).

Прямое измерение МПК не всегда возможно, так как требует дорогостоящего оборудования и долгого времени. Поэтому разработаны различные простые пробы, позволяющие рассчитать МПК. В пробе Астранда-Риминг используется линейная зависимость между увеличением нагрузки и ЧСС (Macswen, 2001). Испытуемый выполняет нагрузку на велоэргометре с постепенным увеличением мощности, пока не будет достигнута субмаксимальная ЧСС, рассчитанная по возрасту; мощность, при которой достигнута субмаксимальная ЧСС, позволяет рассчитать МПК по номограмме (Siconolfi et al., 1985). Другие часто применяемые пробы для

расчета МПК включают пробу Купера с 12-минутным бегом (Grant et al., 1995), пробу с бегом на 1,5 мили (около 2800 м) (Jackson et al., 1981), челночный бег по 20-метровой дистанции со звуковым сигналом (St Clair Gibson et al., 1998) и пробу Бангсбо (Krustrup et al., 2003).

В пробе Купера с 12-минутным бегом и в пробе с бегом на 1,5 мили участники бегут как можно быстрее, затем рассчитывают МПК. В пробе с челночным бегом по 20-метровой дистанции со звуковым сигналом скорость бега диктуется звуковыми сигналами, и до появления звукового сигнала участнику необходимо завершить дистанцию 20 м, повернуть на 180° и пробежать 20 м в обратном направлении, завершив дистанцию. Проба начинается очень легко, но постепенно частота звуковых сигналов (а следовательно, и скорость бега) увеличивается до тех пор, пока спортсмен не перестает успевать за скоростью подачи звукового сигнала. Эта проба, разработанная Австралийским институтом спорта, позволяет точно рассчитать МПК, что доказано при сравнении с прямым измерением МПК. Ее используют в командных видах спорта во всем мире. Прерывистая проба на выносливость Бангсбо состоит из пробежек на 20 м за 5-18 с, перемежающихся с короткими передышками (5 с). Эта проба оценивает способность спортсмена многократно повторять пробежки на протяжении длительного времени. Она особенно полезна для видов спорта, где есть интервальные нагрузки (например, теннис, гандбол, баскетбол и футбол); обычно проба длится 5—20 мин. И в пробе с челночным бегом, и в пробе Бангсбо используют одинаковые формулы расчета МПК, и чем дольше спортсмен выполняет пробу, тем выше значение МПК.

Таким образом, МПК отражает максимальную способность сердечно-сосудистой системы поглощать кислород и транспортировать оксигенированную кровь к работающим мышцам; МПК — важный предсказывающий фактор выносливости и подготовленности сердечно-сосудистой системы.

### **3.3 Методика теста со ступенчато повышающейся нагрузкой, выполняемого «до отказа» на тредбане**

Перед началом тестовой процедуры обследуемому объясняется методика проведения испытания с указанием назначения теста, определяемых параметров и особенностей его проведения. Для регистрации параметров газообмена и внешнего дыхания на обследуемого надевается маска, соединенная с газоанализатором.

Нагрузку на тредбане начинают со скорости бега 2,5 м/с (для женщин) и 3,0 м/с (для мужчин) и повышают на каждой ступени на 0,5 м/с при работе «до отказа», угол подъема тредбана составляет 1 градус. Длительность каждой ступени – 3 минуты. В конце каждой ступени и на 3-ей минуте восстановления производится забор капиллярной крови из фаланги пальца для определения концентрации лактата. В процессе проведения тестовой процедуры и 5-ти минут восстановления каждую минуту регистрируются параметры ЧСС; в течение 5-ти минут восстановления определяются показатели АД. ЭКГ-исследование проводится до начала тестовых процедур и на 6-ой минуте восстановления.

Предельные физические нагрузки выполняются в условиях, вызывающих значительные сдвиги внутренней среды организма, что позволяет изучать адекватность обеспечения тканей кислородом. Критерием прекращения испытания служат следующие показатели: появление болевых ощущений (например, в области печени), резко выраженные симптомы утомления, невозможность поддерживать заданный темп движения. Объективным критерием достижения «предельного» напряжения функций организма является стабилизация или снижение кривой потребления кислорода.

В комплекс показателей для оценки реакции организма на тестирующую нагрузку входят параметры ЧСС и артериального давления, а также скорости возвращения этих показателей к исходному уровню. При обработке данных полезную информацию дает метод расчета параметров пульсовой кривой.

**Телеметрия** – исходный уровень ЧСС определяется в состоянии покоя, далее в процессе тестирования и в период восстановления ЧСС фиксируется с помощью прибора фирмы Polar или Garmin;

**Исследование внешнего дыхания и газообмена** – показатели внешнего дыхания и газообмена регистрируются на газометрическом оборудовании, которое тарируется с применением стандартных газовых смесей. Исследование внешнего дыхания и газообмена проводится в состоянии покоя (5 мин), а далее в процессе работы и восстановления (5 мин).

В процессе обследования определяются следующие показатели внешнего дыхания и газообмена:

$V_E$  (л/мин) – минутный объем дыхания (ВТПС);

$V_{O_2}$  (л/мин) – скорость потребления кислорода;

$Vo_2 \text{ max}$  (л/мин) – максимальная скорость потребления кислорода (МПК);

$Vo_2 \text{ max /кг}$  (мл/кг/мин) – относительное потребление кислорода;

RQ – дыхательный коэффициент ( $V_{CO_2} / V_{O_2}$ );

$V_e/V_{O_2}$  – вентиляционный эквивалент по кислороду рассчитывается как отношение легочной вентиляции к скорости потребления кислорода;

$Vo_2 \text{ ПАНО}$  (л/мин) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена;

$Vo_2 \text{ ПАНО \% } Vo_2 \text{ max}$  (%) – скорость потребления кислорода на уровне порога анаэробного обмена относительно  $Vo_2 \text{ max}$ ;

$t_{кр}$  (с) – время работы на уровне критической мощности;

$\text{max } O_2$  - пульс (мл/уд) – кислородный пульс рассчитывается как отношение максимальной скорости потребления кислорода к частоте сердечных сокращений.

### **3.4 Методика теста со ступенчато повышающейся нагрузкой, выполняемого «до отказа» на велоэргометре**

При выполнении предельной велоэргометрической нагрузки работоспособность рассчитывается по максимальной мощности нагрузки

(уровень работы, при которой спортсмен прекратил испытания), а также по сумме выполненной работы. Общий объем нагрузки рассчитывается путем суммирования работы на всех ступенях.

Для исследования анаэробной мощности и емкости применяется набор тестов, выполняемых на соответствующих эргометрах с работой предельной мощности (Дж.Дункана Мак-Дугалла, Говарда Э. Уэнгера, Говарда Дж. Грина, 1998). В зависимости от специфики исследовательских задач длительность работы варьирует в пределах 10 - 120 с. Корреляция получаемых показателей анаэробной производительности со спортивными результатами колеблется от 0,70 до 0,90, что в целом согласуется с результатами других исследований.

### **3.5 Методика проведения велоэргометрического 30-секундного теста (Wingate)**

Данный тест обычно проводится на механическом велоэргометре Monark. Перед началом тестовой процедуры обследуемый выполняет разминку, после чего объясняется методика проведения испытания с указанием назначения теста, его продолжительности и определяемых параметров. Обследуемый выполнял тест с максимально возможной частотой педалирования в течение 30 секунд, сопротивление составляет 6 Вт/кг. Современные велоэргометры с программным обеспечением позволяют регистрировать параметры теста в автоматическом режиме. Перед работой и на 3-й минуте восстановления производится забор капиллярной крови для определения концентрации лактата.

Преимущество тестов с предельными по мощности нагрузками, обусловлено следующими факторами. Момент отказа от работы, как правило, соответствует той продолжительности работы, при которой организм функционирует на пределе своих возможностей, что позволяет выявить характер энергообеспечения мышечной деятельности. Сумма выполненной работы и верхний предел нагрузки могут быть использованы в качестве оценки специальной физической работоспособности спортсменов.



В спорте высших достижений физические нагрузки выполняются в условиях, значительно нарушающих внутреннюю среду организма, что заставляет изучать адекватность обеспечения тканей кислородом уровню метаболических потребностей. Критериями прекращения испытаний служат: появление болевых ощущений (например, в области печени), резко выраженные внешние признаки утомления, невозможность поддерживать заданный темп педалирования, изменение ЭКГ-показателей (появление аритмии и т. д.).

### **3.6 Методика определения $PWC_{170}$ при работе на велоэргометре.**

При постоянной частоте педалирования (70 оборотов в минуту) нагрузка дозируется индивидуально в зависимости от массы тела испытуемого. Мощность первой нагрузки составляет 1 Вт/кг массы (6 кгм/мин), мощность второй нагрузки - 2 Вт/кг массы (12 кгм/мин). Если после второй нагрузки пульс не достигает 150 уд/мин, то нагрузка должна быть увеличена до 2,5-3,0 Вт/кг массы (15-18 кгм/мин), а исследование продолжено. Длительность каждой нагрузки составляет 3 – 5 мин. ЧСС регистрируется в конце первой и второй нагрузки. Величина нагрузки в данном тесте рассчитывается по формуле:

$$PWC_{170} = N_1 + (N_2 - N_1) \times (170 - f_1) / (f_2 - f_1),$$

где  $N_1$  и  $N_2$  - мощность работы с планируемой частотой сердечных сокращений. При выполнении теста необходимо следить, чтобы разница в частоте сердечных сокращений между первой и второй нагрузками составляла не менее 40 уд/мин. В этом случае погрешность при расчете будет минимальной.

Методика проведения пробы  $PWC_{170}$  при выполнении степ-теста аналогична вышеописанной. Величину работы, выполняемой при подъеме на ступеньку, рассчитывают по формуле:  $N=1,3 \times P \times n \times h$  (кгм/мин), где  $N$  - работа, кгм/мин;  $P$  - масса испытуемого, кг;  $n$  - число подъемов в минуту;  $h$  - высота ступени, м; 1,3 - коэффициент, учитывающий величину работы при спуске со ступени. Высота ступени определяется индивидуально и

соответствует 1/3 длины ноги испытуемого. Темп работы задается метрономом. Первые 3 мин темп работы составляет 20 - 22 подъема в мин, а затем увеличивается до 30 - 35. Наиболее информативен показатель  $PWC_{170}$ , рассчитанный на единицу массы тела испытуемого.

По величине  $PWC_{170}$  косвенно оценивается максимальная аэробная производительность организма спортсмена. Для этого В. Л. Карпманом предложена формула:

$$МПК = PWC_{170} \times 1,7 + 1240,$$

Величины максимального потребления кислорода, полученные путем таких расчетов, дают ошибку в пределах 15% от величин МПК, определенных прямым методом. В связи с такой погрешностью применение указанной методики для расчета  $\max V_{O_2}$  в спорте высших достижений представляется малопродуктивным.

Лабораторные эргометрические испытания дают наиболее стандартизированные результаты ряда функциональных показателей, которые сравнительно медленно изменяются под влиянием тренировки. В связи с этим перечисленные испытания проводятся, как правило, два - четыре раза в год при этапных комплексных обследованиях спортсменов. Информация, получаемая при таких тестированиях, применяется при стратегическом прогнозировании и планировании, а также при оценке кумулятивного эффекта долговременных тренировочных программ. Максимальные анаэробные тесты могут применяться в циклических, игровых, скоростно-силовых видах спорта и единоборствах, как при этапных, так и текущих обследованиях.

### **3.7 Биоэнергетические критерии работоспособности спортсмена**

В таблице 8 представлены оценки пропорций аэробного и анаэробного механизмов энергообеспечения, задействованных в процессе спортивной деятельности в упражнениях различной продолжительности.

Известно, что работоспособность при нагрузке продолжительностью от 5 до 10 с определяется, главным образом, креатинфосфатным механизмом энергообеспечения, а при продолжительности от 40 до 60 с - лактаcidным

механизмом. Нагрузка продолжительностью 2 мин требует приблизительно одинакового количества анаэробной и аэробной энергопродукции, а если она длится свыше 2 мин, то постепенно все больше определяется аэробными процессами.

Вместе с тем необходимо отметить, что данные таблицы относятся к непрерывной мышечной деятельности. Представленные данные не могут быть напрямую перенесены на игровые виды спорта. Например, продолжительность игровой деятельности футболиста составляет 1,5 часа, при этом работа включает серии 5 - 20-секундных взрывных ускорений с высокой интенсивностью, которые чередуются с периодами пониженной интенсивности.

**Таблица 8.** Аэробный и анаэробный вклады в энергообеспечение работы различной длительности (Astrand P.O., Rodahl K., 1986)

Время работы с макс. усилием (ч, мин, с)	Анаэробный алактатный	Анаэробный лактатный	Аэробный
5с	85	10	5
10с	50	35	15
30с	15	65	20
1 мин	8	62	30
2 мин	4	46	50
4 мин	2	28	70
10 мин	1	9	90
30 мин	1	5	95
1ч	1	2	98
2ч	1	1	99

*Примечание: Данные выражены в процентном соотношении.*

Данные таблицы 8 отражают примерное соотношение доли энергетических источников, обеспечивающих работу, и не дают представления о степени максимальной интенсивности, достигаемой по каждому из источников энергии. Интенсивная соревновательная деятельность требует максимальных усилий от всех систем, обеспечивающих специальную работоспособность.

### **3.8 Максимальная аэробная производительность организма высококвалифицированного спортсмена**

Аэробная производительность, в наибольшей степени определяющая общую выносливость спортсмена, характеризуется мощностью и устойчивостью функциональных систем, обеспечивающих доставку кислорода и субстратов окисления в условиях напряженной мышечной деятельности. Максимальная аэробная мощность определяется максимальным количеством кислорода, которое индивидуум способен потреблять за единицу времени.

Интенсивность, с которой аэробный метаболизм способен обеспечить рабочую мощность, зависит от двух факторов: способности тканей использовать кислород и суммарных способностей транспорта кислорода,

куда относятся легочный, сердечный, кровяной и клеточный механизмы (Shephard K.J., Astrand P.O., 1992). Хотя теоретически возможно выделение каждого из этих факторов в лабораторных условиях, чтобы определить, который из них ограничивает работоспособность при измерениях аэробной мощности, целесообразно рассматривать их как единое целое. Этот фактор характеризуется общим количеством кислорода, потребляемым организмом для обеспечения аэробного метаболизма.

Долгое время вопрос, до какой степени высокие показатели максимальной аэробной мощности могут объясняться тренировкой или генетическими предпосылками, оставался дискуссионным. Однако неоднократно экспериментально было показано, что благодаря тренировке испытуемые способны повысить максимальную аэробную мощность на 15 - 20 % (Ekblom B., Astrand P.O., Saltin B., Stenberg J., Wallstrom B, 1968; Hollmann W., Hettinger T., 1976; Kasch F.W., Phillips W., Carter J. E. L., Boyer J.L., 1973; Roskamm H., 1967). Такое повышение обусловлено изменениями как в центральном (сердечно-легочный транспорт), так и в периферическом (васкуляризация и биохимическая адаптация тканей) компонентах аэробной системы (Rowell L.B., 1974; Saltin B., 1986).

В условиях спортивной деятельности результат в соревновании связан как с удельной величиной максимального потребления кислорода на единицу массы тела, так и со способностью длительно поддерживать высокие величины потребления кислорода. Это свойство организма характеризует его аэробную емкость и может быть определено как функциональная устойчивость систем организма.

Имеются данные, что лучшие стайеры 30-х годов не уступали рекордсменам сегодняшнего дня в показателях  $\max \dot{V}O_2$ , достигая величин 80 - 85 мл/кг/мин (Garter J. E. L., Kasch F. W., Boger J. L., 1965; Robinson S., Endwards H.T., Dill D.B., 1937). Возможно, одной из причин улучшения результатов за последние десятилетия является повышение использования функциональных возможностей, в том числе и функциональной устойчивости механизма

снабжения организма кислородом, а также новыми методическими разработками в построении тренировочного процесса.

Рядом исследователей установлено, что у спортсменов при нагрузках одинаковой мощности уровень МПК может быть различным. Он зависит от того, насколько эффективны и экономичны функции внешнего дыхания и кровообращения, обеспечивающие доставку кислорода тканям, а также от способности тканей утилизировать доставленный кислород (Колчинская А.З., 1991; Летунов С.П., Мотылянская Р.Е., 1971).

Изучение адаптивных изменений кардиореспираторной системы позволяет утверждать, что аэробная способность ограничена параметрами центральной циркуляции (Ekblom В., 1986). Наиболее значимыми факторами максимальной аэробной мощности являются ударный объем и содержание кислорода в артериальной крови, а ограничения находятся в основном на биохимическом уровне структурной организации.

Системный анализ процессов кислородного обеспечения организма показал, что кислородная емкость мышц не является фактором ограничения скорости потребления  $O_2$ . При выполнении супрамаксимальных нагрузок основным лимитирующим звеном скорости потребления кислорода является эффективность тканевой утилизации (Малюга Ю.Г., Новак Е.С., Пиотрович А.С., 1987).

Тренировка, направленная на развитие выносливости, в большей степени воздействует на медленные мышечные волокна, и, как следствие, их производительность увеличивается, не изменяя при этом соотношение между медленными и быстрыми мышечными волокнами. В результате тренировочных нагрузок аэробной направленности быстрые мышечные волокна в-типа могут приобретать свойства быстрых мышечных волокон а-типа, расширяя свои окислительные возможности. Тренировка, направленная на развитие выносливости, увеличивает количество капилляров вокруг каждого мышечного волокна, при этом повышается содержание

миоглобина на 75 – 80%, увеличивается количество и размеры митохондрий, повышается активность окислительных ферментов.

Таким образом, изменения, происходящие в мышце, в сочетании с адаптивными способностями кислородтранспортной системы усиливают окислительные возможности организма и повышают уровень мышечной деятельности, требующей проявления выносливости.

### **3.9 Определение аэробно-анаэробного перехода, как маркера функционального состояния спортсмена**

Взаимозависимость разных источников энергообеспечения имеет следствием возрастающее вовлечение анаэробного метаболизма по мере повышения интенсивности нагрузок. Это стимулирует интенсивность гликогенолиза и приводит к нарастанию образования молочной кислоты вначале в работающих мышцах, а затем в крови. Интенсивность нагрузки, при которой начинается устойчивое повышение концентрации лактата крови, была идентифицирована как граница перехода от аэробной нагрузки к нагрузке, требующей большего вовлечения анаэробного метаболизма. Критическая интенсивность нагрузки, при которой происходит увеличение лактата, обозначается как «анаэробный порог», «начало накопления лактата крови» и «лактатный порог».

Концентрация лактата в крови не является прямым отражением его образуемого количества. Лактат может использоваться в качестве субстрата окисления, кроме того, он может использоваться в печени в качестве предшественника для образования глюкозы. Концентрация лактата крови отражает только отсутствие равновесия между его количеством, образуемым и выделяемым в кровь, и количеством, используемым в тканях.

В процессе выполнения физической нагрузки возрастающей интенсивности в организме человека разворачиваются адаптивные реакции, в которых выделяются три основные фазы.

В первой фазе возрастает использование кислорода работающими мышцами, а также увеличивается количество производимой двуокиси

углерода ( $V_{CO_2}$ ). В выдыхаемом воздухе наблюдается падение процентного содержания кислорода ( $F_{E O_2}$ ) и повышение двуокиси углерода ( $F_{E CO_2}$ ). Изменения показателей потребления кислорода, легочной вентиляции ( $VE$ ), выделения двуокиси углерода и дыхательного коэффициента ( $RQ$ ) прямо пропорциональны величине нагрузки, которая выполняется главным образом за счет аэробных энергетических процессов. В связи с этим концентрация молочной кислоты в крови почти не изменяется.

Во второй фазе, когда интенсивность нагрузки превышает 40 %, но не достигает 60 % МПК, концентрация молочной кислоты в крови продолжает оставаться низкой - около 2 ммоль/л. Образующаяся молочная кислота буферизуется основаниями крови (прежде всего, бикарбонат), из которых в результате реакции нейтрализации вытесняется  $CO_2$ . Появление метаболических бикарбонатов служит фактором, приводящим в действие компенсаторные процессы, которые путем стимуляции дыхательных центров способствуют повышению вентиляции легких. Усиление вентиляции легких и выделение  $CO_2$  являются непропорциональным по отношению к изменениям потребления кислорода, поэтому использование кислорода в вдыхаемом воздухе снижается. Одновременно повышаются значения вентиляционного эквивалента кислорода ( $Ve/V_{O_2}$ ) и дыхательного коэффициента. Начало второй фазы нагрузки характеризуется приростом вентиляции легких и удаления  $CO_2$ . Концентрация лактата в крови колеблется около 2 ммоль/л.

Дальнейший рост интенсивности нагрузки от 65 до 90 % МПК является третьей фазой, в которой потребление кислорода и ЧСС продолжают увеличиваться линейно. Содержание лактата в крови резко увеличивается и сопровождается нелинейным приростом вентиляции легких. Вентиляция легких становится неадекватной изменениям концентрации молочной кислоты в крови. Начало третьей фазы определяется изменением линейного характера роста вентиляции легких, изменением содержания  $CO_2$  в выдыхаемом воздухе и повышением концентрации молочной кислоты в крови до 4 ммоль/л и выше. Представленная картина изменений при нагрузке



возрастающей интенсивности показывает, что значения вентиляции легких, выделения  $\text{CO}_2$  и концентрации молочной кислоты являются основными при установлении предельных величин аэробно-анаэробного обмена.

Понятие «анаэробный порог» приобретает эргометрический смысл при определении воздействия тренировочных нагрузок, поскольку тренер оперирует понятиями скорости или мощности выполняемой мышечной работы. В качестве маркеров анаэробного порога используют как прямые критерии (уровень лактата или состояние кислотно-щелочного равновесия), так и косвенные – кинетику потребления кислорода и выделения двуокси углерода, эксцесс  $\text{CO}_2$ , легочную вентиляцию и вентиляционный эквивалент (Beaver W., Wasserman K., 1986; Bung V., 1986; Gaesser G., Poole D., 1986; Kindermann W., Simon G., Keul J., 1979).

На локализацию анаэробного порога оказывает влияние множество факторов - соотношение мышечных волокон разного типа, капиллярная плотность скелетных мышц, эффективность тканевого дыхания и окислительная ферментативная активность при напряженной мышечной деятельности (Mazzeo R., Marshall P., 1989).

Корреляционный анализ выявил взаимосвязь между анаэробным порогом и долей мышечных волокон с высокой способностью к окислительному гликолизу (Pedersen P., 1978). В эксперименте с участием бегунов высокой квалификации отмечено снижение активности фосфофруктокиназы и отношения ФФК/цитратсинтетазы под влиянием нагрузок пороговой мощности (Sjodin B., Jacobs I., Svedenhag J., 1982). Такая тренировка сопровождается локальной метаболической адаптацией работающих мышц без изменения максимальной аэробной мощности (Apple F., Rogers M.A., 1986). Экспериментально доказано, что на уровень метаболизма, с которого начинается накопление лактата в крови, оказывают влияние как анатомические, так и регуляторные факторы (Gaesser G., Poole D., 1986; Kindermann W., Simon G., Keul J., 1979).

В информационном плане концепция лактатного порога отражает

эффективность системы кровообращения, способность к снабжению кислородом и метаболический потенциал работающих мышц. Установлено, что выполнение тренировочных нагрузок в зоне анаэробного порога приводит к повышению и аэробных функций, и механической мощности пороговой нагрузки (Cisar C.J., Thorland W. et al., 1986; Shephard K.J., Astrand P.O., 1992). При таком режиме тренировок замедляются процессы анаэробного гликолиза, точка анаэробного порога сдвигается в сторону большей мощности, снижается концентрация лактата при выполнении дозированных субмаксимальных нагрузок. Так, при выполнении 6-недельной программы тренировок с использованием пороговых нагрузок отмечено увеличение пороговой мощности работы (14%) и повышение эффективности аэробного механизма энергообеспечения (Barstow T., Casaburi R. et al., 1989). Многочисленные экспериментальные данные доказывают, что локализация и динамика анаэробного порога являются важными критериями функционального состояния спортсмена в процессе тренировки.

### **3.10 Максимальная анаэробная производительность организма высококвалифицированных спортсменов**

Во многих спортивных дисциплинах анаэробная производительность является одним из основных компонентов физической работоспособности. В процессе энергообеспечения наиболее “быстрые” кинетические характеристики имеет алактатный анаэробный процесс - его максимальная мощность достигается уже в первые секунды после начала упражнения, когда ни анаэробный гликолиз, ни дыхание не успевают сколько-нибудь значительно увеличить свою скорость. Однако резервы макроэргических соединений (АТФ и КРФ) в работающих мышцах невелики. Большая часть их расходуется в первые 10-20 секунд работы с максимальной мощностью (Costill D.L., Coyle E. F., Fink W. F., 1979).

В условиях напряженной мышечной деятельности продолжительностью от 20 с до двух минут, при которой отсутствует возможность обеспечить ткани адекватным количеством кислорода, имеют место выраженные изменения во

внутренней среде организма. Энергетическое обеспечение мышечной деятельности обеспечивается главным образом за счет анаэробного гликолиза. Характер и направленность биохимических сдвигов при выполнении физических упражнений находятся в тесной зависимости от степени тканевой гипоксии, возникающей при физических нагрузках. Характерными признаками гипоксии при нагрузке являются образование дефицита кислорода и кислородного долга, снижение напряжения кислорода в мышечной ткани и смешанной венозной крови, накопление недоокисленных продуктов обмена в крови, сдвиг рН, нарушение кислотно-щелочного равновесия (далее - КЩР). Увеличивается продукция избыточного углекислого газа ( $\text{Exh}_{\text{CO}_2}$ ) на фоне повышения скорости утилизации кислорода. Кислотно-щелочное равновесие крови является одной из важнейших сторон гомеостаза организма, под которым понимаются постоянство соотношения водородных ( $\text{H}^+$ ) и гидроксильных ( $\text{OH}^-$ ) ионов внутри организма и те регуляторные механизмы, при помощи которых это постоянство поддерживается.

КЩР крови находится в тесной связи с биохимическими процессами, протекающими в организме, и его вариации в допустимых физиологических границах являются условием нормальной жизнедеятельности организма, так как интенсивность всех процессов, особенно различных тканевых ферментов, в большей степени зависит от рН крови и тканевых жидкостей. Изменение биохимических процессов, будь то окисление углеводов и жиров с образованием углекислоты, их промежуточных продуктов – молочной и свободных жирных кислот, а также продуктов катаболизма белков – все это отражается на состоянии КЩР крови. На реакцию КЩР крови, кроме накопления кислых продуктов метаболизма, может влиять интенсивность обмена газов через легкие, так как  $\text{pCO}_2$  артериальной крови прямо пропорционально продукции углекислого газа и обратно пропорционально скорости альвеолярной вентиляции (Робинсон Дж.Р., 1969).

Величина и направленность метаболических сдвигов при физической работе

служат основным стимулом развития специфических адаптационных изменений в организме под влиянием систематических упражнений данного вида. Степень тканевой гипоксии, возникающей в процессе выполнения упражнения, является одним из факторов, определяющих направленность и характер адаптационных изменений в процессе спортивной тренировки.

При изменении интенсивности обмена веществ в организме можно было бы ожидать и сдвигов активной реакции крови. Однако она долго остается постоянной даже при патологических условиях. Это достигается благодаря наличию в крови буферных систем, главными из которых являются гемоглобин – оксигемоглобин, одна из самых мощных систем. Сюда же относятся белки плазмы и сыворотки крови, регуляторная функция которых осуществляется благодаря амфотерности; карбонатный и фосфатный буфер.

Кроме буферов сохранение рН на нормальном уровне обеспечивают дыхательный и почечный механизмы регуляции. Гомеостаз концентрации бикарбонатов регулируется почками, а гомеостаз концентрации угольной кислоты – легкими. Образование в организме кислых продуктов обмена сопровождается их нейтрализацией бикарбонатами плазмы с образованием эквивалентного количества слабой угольной кислоты, избыток которой распадается на воду и углекислый газ. Путем выделения  $\text{CO}_2$  легкими восстанавливается нарушенное равновесие бикарбонат – угольная кислота, и, таким образом, сохраняется постоянство рН в границах нормы. Механизм легочной регуляции активности  $\text{H}^+$  наиболее быстрый и эффективный. Однако респираторная компенсация понижает концентрацию угольной кислоты, не изменяя ионного баланса. Появившиеся отклонения в электролитном обмене устраняются почечным механизмом.

Во время напряженной мышечной работы при несоответствии между доставкой кислорода к работающим мышцам и их возросшим кислородным запросом в организме накапливаются недоокисленные продукты обмена веществ. Это приводит к нарушению рН крови, несмотря на включение всей системы механизмов, направленных на компенсацию отклонений

кислотно-щелочного равновесия крови от нормы. Наиболее характерным проявлением нарушений КЩР крови при мышечной деятельности является метаболический ацидоз, обусловленный избыточным содержанием в организме нелетучих фиксированных кислот. Увеличение ВЕ (base excess), то есть показателя, отражающего количество сильных оснований или кислот и позволяющего судить о механизмах происхождения метаболического ацидоза после нагрузки, происходит за счет увеличения концентрации лактата в крови. Установлено, что состояние КЩР крови является одним из важных лимитирующих факторов работоспособности, в частности увеличение  $p\text{CO}_2$  крови под влиянием мышечной работы может ограничить работоспособность спортсмена. В то же время существенное снижение  $p\text{CO}_2$  крови после нагрузок максимальной интенсивности является одним из проявлений тренированности и свидетельствует о совершенствовании регуляции КЩР крови, в частности, механизма выведения  $\text{CO}_2$ .

Значительный уровень снижения рН (до 6,8-7,0 ед.) и других показателей КЩР крови может служить критерием высокой функциональной подготовленности организма спортсменов к работе в анаэробных условиях. Очевидно, что такое разнообразие сведений в отношении основных параметров КЩР крови при физических нагрузках обусловлено различием тестирующих нагрузок, уровнем тренированности и спортивной специализацией.

Таким образом, тренировка анаэробной направленности повышает активность гликолитических ферментов (главным образом, фосфорилазы, фосфофруктокиназы и лактатдегидрогеназы). Максимальные кратковременные нагрузки, несколько увеличивая активность ферментов АТФ – КФ комплекса (креатинфосфокиназы и миокиназы), в большей степени влияют на увеличение мышечной силы (Costill D.L., Daniels J.C. et al., 1976). Тренировки, проводимые с высокой интенсивностью, улучшают координацию мышечной деятельности на основе избирательного рекрутирования мышечных волокон, то есть тренировки анаэробной

направленности обеспечивают оптимальное рекрутирование волокон, способствуя эффективному выполнению движений, и более экономному расходованию энергии.

Нагрузки анаэробной направленности повышают толерантность мышц к кислым продуктам метаболизма, которые накапливаются в них в процесс анаэробного гликолиза. Накопление молочной кислоты считается главным фактором, обуславливающим наступление утомления во время выполнения интенсивных физических нагрузок, поскольку водородный ион ( $H^+$ ) влияет на процесс обмена веществ и мышечных сокращений. Буферные вещества (бикарбонаты, фосфаты мышц и др.), соединяясь с водородом, понижают кислотность волокон и задерживают развитие утомления.

Как показывают результаты исследований, тренировочные нагрузки анаэробной направленности за 8 недель увеличивают буферную способность на 12 – 15% (Sharp R.L., Costill D.L., Fink W.J., King D.S., 1986). Следует отметить, что связь аэробной и анаэробной производительности с показателями специальной физической подготовленности у спортсменов высокого класса различной специализации до настоящего времени изучена недостаточно. Это относится также к зависимости перечисленных показателей от этапа подготовки, уровня тренированности и спортивного результата, показанного в соревновании, что затрудняет оценку результатов в системе комплексного контроля спортсменов высокой квалификации.

### **3.11 Тесты и методы медико-биологической диагностики функционального состояния сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем**

Повышение эффективности оперативного контроля в процессе мониторинга здоровья и функционального состояния спортсменов связано с разработкой и внедрением в практику медицинского контроля эффективных методов функциональной диагностики, основанных на современных технологических разработках.

Специфика мышечной деятельности и направленность тренировочного процесса определяют закономерности и особенности диагностики функционального состояния, направленные на контроль процессов адаптации тех систем и функций организма спортсмена, которые являются ведущими в данном виде спорта. Сердечно-сосудистая система является одной из ведущих в обеспечении и достижении высокой работоспособности у спортсменов. Зависимость между величиной ударного объема кровотока и максимальной аэробной мощностью доказана многими исследователями.

В условиях современного спорта высших достижений, характеризующегося в последние годы требованиями, предъявляемыми к организму спортсмена в связи с ростом субмаксимальных физических и эмоциональных нагрузок, все большую роль приобретают исследования вегетативной нервной системы (далее - ВНС) как важного звена в системе медицинского контроля функционального состояния. Известно, что оптимально сбалансированная регуляция мышечной деятельности позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально использовать функциональные резервы. Это обеспечивает необходимую экономизацию функций при работе на выносливость и определяет быстроту восстановительных процессов.

Нарушение вегетативной регуляции является ранним признаком срыва механизмов адаптации организма спортсмена к физическим нагрузкам и влечет за собой снижение работоспособности, приводя к возникновению синдрома нейроциркуляторной дистонии (далее - НЦД). Исследователями отмечается тенденция к повышению удельного веса НЦД в структуре общей заболеваемости спортсменов высокого класса. Основными этиологическими факторами, приводящими к развитию синдрома НЦД и перенапряжению сердца в виде миокардиодистрофии на почве физического перенапряжения у спортсменов, являются:

- несоответствие объема и интенсивности тренировочных нагрузок уровню функционального состояния спортсмена;

- психоэмоциональное перенапряжение, связанное с расширением границ соревновательного периода и ростом числа ответственных соревнований в сезоне;

- отсутствие индивидуального подхода в использовании средств восстановления или их неэффективное применение;

- значительное омоложение спорта высших достижений, приведшее к появлению в спортивной элите юных спортсменов с неокончательно сформировавшейся вегетативной регуляцией.

В основе нейроциркуляторной дистонии лежит изменение тонуса сосудов и их реактивности с нарушением регуляции сердца, обусловленное дисфункцией адаптации вегетативной нервной системы к гипоксическим и трофическим изменениям. К числу наиболее распространенных синдромов нейроциркуляторной дистонии следует отнести гиперкинетический синдром (Маколкин В.И., Абакумов С.А., 1985). В специальной литературе он обозначается термином «пограничная гипертензия». Данное явление формируется под влиянием повышенного тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, протекая изолированно и, как правило, без жалоб. Нередко встречается резистивный синдром - повышение артериального давления в результате увеличения периферического сопротивления. В этих случаях отмечается тенденция к повышению диастолического давления, появляются признаки гипертрофии левого желудочка. Резистивный синдром сочетается с повышением тонуса артерий. Клиника синдрома связана с нарушением регионального церебрального кровоснабжения и дистрофическими изменениями миокарда.

Одним из рациональных мероприятий по профилактике нарушений является оперативная диагностика на ранних стадиях появления нарушений в виде так называемых слабых звеньев адаптации и симптомов дизадаптации к нагрузкам на различных этапах подготовки спортсменов. Их своевременная диагностика позволит провести индивидуальную коррекцию восстановительных мероприятий и предупредит формирование



патологических состояний. Современные медицинские приборы и технологические новации методов диагностики позволяют на новом уровне оценивать функциональные возможности организма человека, уровень повреждения здоровья, нарушений гомеостаза и процессов адаптации. Использование новых методов мониторинга существенно повысит качество оперативной оценки эффективности нагрузок и своевременного выявления симптомов дизадаптации.

Среди методов экспресс-диагностики функционального состояния следует выделить компьютерный анализ сердечного ритма. Литературные данные свидетельствуют о том, что исследование функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой систем может быть надежно осуществлено с помощью методов вариационной пульсометрии и скаттерграфии (Баевский Р.М., Мотылянская Р.Е., 1986; Вейн А.М., 1991; Голубчиков А.М., 1987; Земцовский Э.В., 1979; Иорданская Ф.А., Джумаев Х.К., 1985; Ткач В.Т. с соавт., 1986 и др.). Особенно эффективно их применение при использовании компьютерной обработки. Вместо записи определенного количества интервалов R-R на электрокардиографе с последующим измерением их длительности, в компьютерном варианте оперативно рассчитываются соответствующие статистические и интегральные показатели.

Однако, несмотря на применение современных методик, до сих пор недостаточно разработаны критерии оценки полученных результатов. Без этого информативность методов вариационной пульсометрии существенно снижается. Разработанные критерии оценки показателей пульсометрии предусматривают достаточно широкий диапазон количественных значений основных параметров (Ткач В.Т., Байтукалов А.А., Андреев Э.Ф., Краевский Л.К., Шмарыгин С.В., 1986).

Детализация критериев показателей компьютерного анализа сердечного ритма с учетом возраста, пола, уровня физической подготовленности спортсменов существенно повысит информативность метода и его

эффективность при мониторинге здоровья и функционального состояния. Экспресс-методика диагностики функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой систем, включенные в программу мониторинга, позволит оперативно оценивать состояния человека, своевременно выявлять симптомы дизадаптации вегетативной нервной системы и факторы риска, обосновывать мероприятия по коррекции состояния организма человека. Такая программа будет способствовать диагностике текущего функционального состояния, оценке острого и отставленного эффекта тренировки. Оптимизация управления тренировочным процессом в реализации планов подготовки будет способствовать сохранению здоровья и повышению функциональных возможностей организма как квалифицированных спортсменов, так и лиц, занимающихся оздоровительной физкультурой.

### **3.12 Методика исследования вегетативной, нервной и сердечно-сосудистой систем у высококвалифицированных спортсменов**

Основные принципы исследования функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой систем у спортсменов заключаются в создании необходимых для этого условий, которые включают следующие компоненты:

- учет объема и интенсивности предшествующих исследованию нагрузок;
- использование тестирующей нагрузки;
- сопоставление клинических и физиологических исследований;
- комплексный подход, то есть исследование нескольких показателей;
- проведение исследования в оптимальное время;
- отсутствие утренней разминки;
- устранение помех, приводящих к психоэмоциональному возбуждению.

Структура исследования определяется программой комплексного функционально-диагностического исследования, которая включает изучение:

- типа вегетативной регуляции;
- основных показателей ЭКГ;

- вегетативной реактивности;
- вегетативного обеспечения мышечной работы;
- послерабочих сдвигов.

Методы исследования включают:

1. врачебный опрос и осмотр;
2. регистрацию пульса и артериального давления;
3. расчет вегетативного индекса;
4. регистрацию ЭКГ в 12 отведениях;
5. проведение ортопробы с регистрацией ЭКГ;
6. компьютерный анализ сердечного ритма по программе КАРДИ с использованием дозированной физической нагрузки.

В комплексе исследований используется персональный компьютер с кардиодатчиком фирмы Polar Electro (Финляндия).

Компьютерный анализ сердечного ритма осуществляется с помощью методики вариационной пульсометрии и скаттерграфии. Для количественной оценки функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой систем записывается длительность каждого из 100 кардиоинтервалов. Полученный массив данных обрабатывается с помощью методов математической статистики с регистрацией следующих показателей:

$RR_{min}$  - наименьшее значение величины интервала RR или максимальная частота пульса;

$RR_{max}$  - наибольшее значение величины интервала RR или минимальная частота пульса;

$RR_{cp}$ . - математическое ожидание - величина, обратная средней частоте сердечных сокращений;

$\Delta R-R$  - вариационный размах ( $RR_{max} - RR_{min}$ ), который отражает активность вагусной регуляции ритма сердца;

$M_o$  – мода - наиболее часто встречающееся значение кардиоинтервала в определенной выборке; ее величина отражает активность гуморального канала регуляции ритма сердца;

Амо - амплитуда моды - число значений кардиоинтервалов, соответствующих моде и выраженное в процентах к общему числу кардиоинтервалов массива; ее величина отражает активность симпатического канала регуляции ритма сердца и, соответственно, централизацию управления ритмом сердца.

Рассматриваются интегральные показатели:

- индекс напряжения (ИН) отражает степень напряжения централизации процессов регулирования сердечного ритма. У хорошо физически подготовленных лиц ИН в покое равен, в среднем, от 50 до 150 усл. ед.;
- индекс функционального состояния (ИФС) рассчитывается по формуле, предложенной А.Г. Дембо и Э.В. Земцовским, в соответствии с которой, чем чаще ритм, тем ИФС ниже;
- вегетативный показатель ритма (ВНР) в норме равен приблизительно от 25 до 75 усл. ед.;
- показатель вегетативной реактивности (ПВР) находится в диапазоне от 0,5 до 3, при повышении парасимпатической активности данный показатель снижается, при увеличении симпатической активности - повышается.

В основе вариационной пульсометрии лежит построение гистограммы распределения ряда интервалов RR. По оси абсцисс откладываются значения длительности интервалов, а по оси ординат - количество интервалов с соответствующими значениями их длительности. Р.М. Баевский (1968) выделил 3 основных формы гистограмм, качественно и количественно характеризующие три основных состояния регуляторных систем организма:

- 1) Нормотонический тип регуляции проявляется на гистограмме значениями  $M_0$  - 0,7 - 0,9 с, соответствующими нормосистолии, умеренной синусовой аритмии ( $\Delta RR$  от 0,15 до 0,40 с) с симметричной формой распределения интервалов.
- 2) Симпатикотонический тип регуляции проявляется на гистограмме значением  $M_0$  от 0,5 до 0,7 с, соответствующим тахисистолии, а также изоритмии или ригидному ритму, когда  $\Delta RR$  менее 0,1 с.

3) Парасимпатическому типу регуляции соответствуют величины  $M_0$  от 1,0 до 1,2 с, которые отражают брадисистолию, большую величину интервалов RR ( $\Delta RR$  более 0,40 с) и резко выраженную синусовую аритмию.

В исследованиях В.Т. Ткача с соавторами расширены представления о типах адаптации за счет включения еще четырех подтипов регуляции ритма сердца. Он выделяет гиперсимпатикотонический, дизадаптационно-гиперсимпатикотонический, гиперпарасимпатикотонический и дизадаптационно-гиперпарасимпатикотонический.

Скаттерграфия позволяет определять не только индивидуальный диапазон ИФС, но и диагностирует нарушения ритма сердца (синусовую аритмию, тахикардию, миграцию водителя ритма, экстрасистолию, синоаурикулярную блокаду и др.).

Диагностическая ценность анализа variability сердечного ритма показана в исследованиях на больных с инфарктом миокарда (ИМ) и оценки эффективности терапии у этих больных (И.А. Латфуллин, Г.П. Ишмурзин, 2002). Выявлено, что большинство осложнений развивалось у пациентов с ваготоническим типом регуляции и в меньшей степени - с эйтоническим и симпатическим типом исходного вегетативного тонуса. Установлены критерии оценки индекса напряжения в течение заболевания: неблагоприятные критерии течения исхода ИМ -  $IN < 35$  усл. ед. и  $> 250$  усл. ед., средняя длительность RR,  $M_0 < 0,75$  с, ЧСС  $> 85$  в уд/мин, низкий уровень регуляции в автономном контуре управления сердечным ритмом ( $ВПР < 2,7$  усл. ед.).

При оценке состояния вегетативной нервной системы у спортсменов необходимо учитывать электрическую активность сердца, процессы возбудимости и проводимости, состояние метаболизма миокарда и его адаптацию к физическим нагрузкам и функциональным пробам по данным электрокардиографии. ЭКГ у квалифицированных спортсменов характеризуется в исходном состоянии синусовой брадикардией, нормальным

положением электрической оси сердца, или некоторыми изменениями электрической позиции сердца, обусловленными электрокардиографическими признаками физиологической гипертрофии, обычно, левого ( $Sv_1 + Rv_5 > 35$  мм), реже - правого желудочка сердца ( $Rv_1 + Sv_5 > 10,5$  мм).

Фактическая систола соответствует «должной» для данного ритма величины электрической систолы. Атриовентрикулярная проводимость при выраженной брадикардии может быть на верхней границе нормы ( $PQ=0,20-0,21$  с). Возможна изолированная неполная блокада правой ножки пучка Гиса. Появление ее на ЭКГ может быть связано с гипертрофией и перегрузкой правого желудочка, запаздыванием возбуждения правого наджелудочкового гребешка. Данное изменение ЭКГ довольно часто регистрируется у спортсменов. Регистрация на ЭКГ неполной блокады правой ножки пучка Гиса находится в прямой зависимости от величины объема сердца у спортсменов. Рейндел считает, что ее появление вызвано физиологическим увеличением преимущественно правого желудочка.

Обнаружение на ЭКГ в исходном состоянии таких изменений у спортсменов, как синусовая тахикардия, резко выраженная синусовая аритмия ( $RR$  более  $0,35$  с), стойкое удлинение атриовентрикулярной проводимости, атриовентрикулярный ритм, экстрасистолическая аритмия, изменение конечной части желудочкового комплекса, зубца Т в виде нарушения процессов реполяризации миокарда и смещение интервала S-T, требует тщательной клинической оценки. Эти изменения могут возникать в результате физического перенапряжения или очага хронической инфекции, изменений в самом сердце или представлять собою симптомокомплекс кардиальных нарушений при нейроциркуляторной дистонии.

В некоторых случаях на ЭКГ спортсменов определяется симптом преждевременной реполяризации желудочков сердца (СПРЖР). Данный синдром рассматривается в спортивной практике как вариант нормы и встречается при вегетативной дисфункции с преобладанием вагусных влияний, аномалии проведения возбуждения по атриовентрикулярному узлу,

влиянии экстракардиальных факторов. В клинической картине ЭКГ отмечаются следующие симптомы:

- псевдокоронарный подъем сегмента S-T выше изолинии,
- деформация нисходящей части зубца R в отведениях  $V_{2-3}$ ,
- инверсия зубца T в отведениях  $V_{2-4}$ , уплощение зубца T в  $V_{5-6}$ ,
- сдвиг переходной зоны вправо, «обрыв» в  $V_3$ ,
- быстрое нарастание амплитуды в правых грудных отведениях.

В отдельных случаях СПРЖР сочетается с клинической картиной НЦД и перетренированности.

Изменение ЭКГ в ответ на физическую нагрузку оценивается в соответствии с существующими вариантами реакций: адекватная, с умеренными изменениями, выраженными изменениями, с появлением патологических нарушений, с признаками перенапряжения. При синдроме преждевременной реполяризации происходит нормализация ЭКГ за счет активации симпато-адреналовой системы и ослабления вагусных влияний.

Ортостатическая проба может быть проведена в трех модификациях с помощью: а) простого измерения пульса на лучевой артерии и артериального давления по Короткову; б) кардиотахометра; в) регистрации ЭКГ.

Наибольшую информацию при оценке ортостатической пробы дает использование ЭКГ, регистрируемой сначала в положении лежа, а затем в течение 1,5 минут после медленного вставания. Измеряются интервалы RR, PQ, QT и амплитуды зубцов T и R.

Нормальные ортостатические изменения ЭКГ выражаются в уменьшении интервалов RR, PQ и QT в соответствии с сердечным ритмом, умеренном повороте электрической оси сердца вправо, снижении амплитуды зубца T и повышении амплитуды зубца R. В ортоположении у спортсменов могут наблюдаться нарушения фазы реполяризации миокарда. Эти функциональные нарушения рассматриваются у спортсменов как предвестники перенапряжения миокарда (О.В. Кочаровская, 1966; Ю.М. Стойда, В.А. Пономарев, 1974).

Оценка выраженности ортостатической гипоксии миокарда аналогична критериям, применяемым при диагностике степени перенапряжения сердца у спортсменов (А.Г. Дембо). Выделяют три стадии развития гипоксии миокарда в ортостазе: I стадия - зубцы Т изоэлектричны или деформированы, интервал S-T до 1 мм ниже изолинии; II стадия - зубец Т и интервал S-T до 3 мм ниже изолинии; III стадия - зубец Т и интервал S-T более 3 мм ниже изолинии.

Оценка результатов ортостатической пробы с помощью подсчета пульса и измерения артериального давления имеет следующие критерии. При нормотонической ортостатической устойчивости частота ритма увеличивается на 15 - 25 уд/мин по сравнению с исходными данными в горизонтальном положении. Систолическое артериальное давление практически остается неизменным, а диастолическое давление повышается на 10-15% по сравнению с исходным уровнем. При удовлетворительной ортостатической устойчивости ЧСС увеличивается на 25 - 35 уд/мин, при пониженной возрастает на 36 - 45 уд/мин, а при низкой - более чем на 45 уд/мин.

Таким образом, в программу мониторинга здоровья и функционального состояния сердечно-сосудистой системы из простых и доступных методов диагностики необходимо включать изменения артериального давления, регистрацию ЭКГ в покое и в процессе ортостаза, компьютерный анализ сердечного ритма в покое и после дозированной физической нагрузки.

При разработке программы мониторинга здоровья и функционального состояния спортсменов высокой квалификации и значения компьютерного анализа ритма сердца исследования проводились в два этапа. На первом этапе в ходе динамических наблюдений на однородной группе высококвалифицированных спортсменов была определена взаимосвязь показателей долговременной и острой адаптации. Были разработаны критерии оценки индивидуальных типов регуляции и адаптации сердечно-сосудистой и вегетативной нервной систем по данным компьютерного анализа сердечного ритма.



На втором этапе исследования касались использования разработанных критериев оценки и индивидуальных типов адаптации применительно к широкому контингенту, включая как юных, так и взрослых спортсменов разного пола. На этом этапе разрабатывались основные направления коррекции симптомов дизадаптации и профилактики нарушений с количественной и качественной оценкой показателей. Определена взаимосвязь показателей острой и долговременной адаптации к нагрузкам у высококвалифицированных спортсменов и индивидуальные типы регуляции сердечного ритма

Механизмы формирования новых морфофункциональных связей в процессе долговременной адаптации направлены на те звенья физиологических систем, которые более всего связаны со спецификой мышечной деятельности высококвалифицированных спортсменов. В процессе острой адаптации изменения физиологических систем обусловлены объемом, интенсивностью тренировочных нагрузок, их психофизиологической напряженностью.

При разработке системы мониторинга здоровья и функционального состояния спортсменов высокой квалификации необходимо учитывать как острое влияние тренировочных нагрузок, так и их отдаленное воздействие. Результаты динамических исследований на высококвалифицированных волейболистах, проведенных в ходе учебно-тренировочной работы, выявили четкие командные и индивидуальные закономерности в морфофункциональных и регуляторных изменениях. Они позволяют корректировать тренировочный процесс и способствуют росту функционального потенциала.

В условиях учебно-тренировочной работы на команде высококвалифицированных волейболистов в программе оперативного контроля, наряду с другими методами диагностики, использовался компьютерный анализ сердечного ритма. Такой анализ позволяет дать физиологическую интерпретацию и количественно-качественную оценку

состояния регуляторного аппарата кровообращения. Обобщение материалов многолетних наблюдений привело к созданию критериев оценки состояния волейболистов: высокая - 5,0-3,6 балла; выше среднего - 3,5-3,1 балла; средняя - 3,0-2,1 балла; ниже среднего-2,0-1,1 балла; низкая - ниже 1 балла.

Индивидуальный анализ данных многолетних наблюдений позволил выделить пять вариантов состояния регулярных систем организма в исходном состоянии и после стандартной физической нагрузки по результатам компьютерного анализа сердечного ритма:

1. Высокий уровень функционального состояния, характеризовался выраженным парасимпатикотоническим типом регуляции и высокой экономизацией функций при адаптации к нагрузке. В наших исследованиях этот тип адаптации в исходном состоянии наблюдался в 19,2% случаев, а после нагрузки достигал 49,4%.

2. Выше среднего уровень функционального состояния характеризовался парасимпатикотоническим типом регуляции в исходном состоянии с переходом на симпатикотонический тип обеспечения работоспособности при физической нагрузке. Этот тип адаптации в исходном состоянии наблюдался в 10,4% обследованиях, и в 4,3% после нагрузки.

3. Средний уровень функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой систем характеризовался нормальным типом регуляции, соответствующим нормосистолии и умеренной синусовой аритмии, и адекватным уровнем адаптации к нагрузке. Этот тип адаптации наблюдался в 36,7% в исходном состоянии, и в 14,5% после нагрузки.

4. Ниже среднего уровень функционального состояния характеризовался симпатикотоническим типом регуляции, соответствующим тахосистолии и изоритмии или ригидному ритму в исходном состоянии, и гиперсимпатической реакцией на нагрузку. Данный тип регуляции отмечался в 27,9% случаев в исходном состоянии, и в 23,2% - в реакции на нагрузку.

5. Сниженный уровень функционального состояния характеризовался дизадаптационно-гиперсимпатикотоническим или

дизадаптационно-гиперпарасимпатикотоническим типом при симпатикотоническом типе регуляции в ответ на нагрузку. Такой вариант регуляции отмечался в 5,8% случаев в исходном состоянии и в 8,6% в реакции на нагрузку. Он, как правило, наблюдался у спортсменов с симптомами дизадаптации. сопровождался нарушениями на ЭКГ, гипертензией, изменениями клинико-биохимических показателей, указывающими на явления недовосстановления.

Установлена достоверная взаимосвязь отобранных для мониторинга параметров острой адаптации с наиболее информативными показателями долговременной адаптации ( $r=0,500$ ). В исследовании принимала участие группа высококвалифицированных волейболистов с квалификацией ЗМС и МСМК и стажем занятий свыше 10 лет. Корреляционному анализу подвергнуто 43 показателя. Условно показатели выделены в две группы: 1) показатели долговременной адаптации, куда вошли морфофункциональные показатели сердца (данные ЭХОКГ), аэробные показатели ( $\max V_{O_2}$ ) и параметры общей физической работоспособности ( $PWC_{170}$ ); 2) показатели острой адаптации, куда вошли частота пульса, величина артериального давления, параметры электрокардиограммы, содержание гемоглобина в крови, показатели психофизиологического состояния и данные компьютерного анализа сердечного ритма в покое и после стандартной нагрузки.

I - Высокий уровень функционального состояния при выраженном парасимпатическом типе регуляции и высокой экономизации функций при адаптации к нагрузке.

II - Выше среднего уровень функционального состояния при парасимпатикотоническом типе регуляции с переходом на симпатикотонический тип обеспечения работоспособности, при физической нагрузке.

III - Средний тип функционального состояния вегетативной и сердечно-сосудистой системы при нормальном типе регуляции, умеренной синусовой аритмии и адекватном уровне адаптации к нагрузке.

IV - Ниже среднего уровень функционального состояния характеризовался тахосистолией и изоритмией или ригидным ритмом при гиперсимпатикотонической реакции на нагрузку.

V - Сниженный уровень функционального состояния характеризовался дизадаптационно-гиперсимпатикотоническим типом при симпатикотонической реакции на нагрузку.

Результаты исследования взаимосвязи наиболее достоверных показателей долговременной и острой адаптации у высококвалифицированных спортсменов ( $r=0,500$ ) представлены в таблице 9. Общая физическая работоспособность ( $PWC_{170}$ ) и аэробные возможности (МПК) имеют высоко достоверную связь с показателями текущей регуляции ритма сердца в покое и особенно после нагрузки.

Эхокардиографические показатели морфофункционального состояния сердца (ПЖ, КДЛЖ, КСЛЖ,  $\Delta S\%$ , ФВ%) имеют также высоко достоверную связь с регуляторными механизмами управления ритмом сердца после нагрузки и психофизиологическим состоянием спортсменов. Следует выделить также достоверную взаимосвязь электрической активности сердца по данным ЭКГ с физической работоспособностью, аэробными возможностями, величиной левого предсердия и конечно-диастолического объема левого желудочка и взаимосвязь этих показателей с процессами регуляции ритма сердца.

**Таблица 9.** Классификация уровня АД в соответствии с рекомендациями ВОЗ и Международного общества по артериальной гипертонии (ВОЗ/МОАГ, 1999)

Категория	Систолическое АД, мм. рт. ст.	Диастолическое АД, мм. рт. ст.
Оптимальное	<120	<80
Нормальное	<130	<85
Высокое нормальное	130-139	85-89
Степень I	140-159	90-99
Степень II	160-179	100-109

Степень III	>180	> 110
-------------	------	-------

В оценке общего функционального состояния спортсменов отмечен достоверный вклад текущих показателей острой адаптации сердца (показатели КРС в покое и после нагрузки) и показателей долговременной адаптации (физическая работоспособность, аэробные возможности, конечнодиастолический объем левого желудочка).

### **3.13 Стандартизация антропологических методик при обследовании спортсменов**

Морфологические особенности или телосложение человека – один из генетически predetermined факторов, наиболее полно и наглядно определяющий индивидуальную специфичность, позволяющий оценить возможности человека в том или ином виде спорта.

При обследовании особенностей телосложения измеряются и определяются:

- устойчивые признаки: тотальные размеры тела (масса тела, длина тела, обхват грудной клетки, поверхность тела), продольные и поперечные размеры частей тела и конечностей (длина руки, плеча, предплечья, кисти, ноги, бедра, голени, стопы, туловища, корпуса; ширина плеч, таза, диаметры грудной клетки и эпифизов конечностей), позволяющие определить пропорции тела и конечностей, а также базовую пригодность к конкретной узкой спортивной специализации,

- изменяющиеся размеры частей тела и конечностей, позволяющие определить состав массы тела - развитие активных компонентов - мышечного и жирового (обхваты плеча, предплечья, бедра и голени, кожно-жировые складки на спине, под лопаткой, на плече сзади и спереди, на предплечье, груди, животе, бедре и голени).

В видах спорта с ранней специализацией оценивается также степень развития вторичных половых признаков – оволосение подмышечной впадины (Ах) и лобка (Р), развитие грудных (мальчики - С) или молочных (девочки - Ма) желез, возраст Менархе (первой менструации - Ме) для девочек. Шкала

оценки каждого признака от 0 до 2 (С) или 3 (все остальные признаки); суммарный балл варьирует от 0 (не определяются признаки – подготовка к пубертатному периоду) до 8 (у мальчиков ) и 12 (у девочек) – завершение полового созревания.

Процедура антропологического обследования проводится в утреннее время, занимает 3-5 минут, методы бескровны и требуют небольшого набора инструментов. Для корректной оценки динамики морфологического состояния обследование целесообразно проводить в начале и конце определенного тренировочного фрагмента (неделя, месяц, год).

Кроме того, расширенное морфологическое обследование может включать изучение состояния осанки и стопы с использованием соматометрических, соматоскопических, подоскопических и плантографических методов, определение генетического потенциала с использованием дерматоглифического метода, тестирование минеральной плотности скелета с использованием УЗИ - денситометрического метода.

По результатам морфологического обследования оцениваются (с учетом типа контроля):

- морфологическая пригодность (соответствие модели и перспективность);
- морфологическое состояние (отражение тренированности, специальной подготовленности);
- биологический возраст, тип биологического созревания;
- состояние осанки и стопы;
- генетический потенциал двигательных возможностей;
- минеральная плотность пяточной кости.

Морфологическая пригодность для занятия конкретным видом спорта оценивается при соотнесении индивидуальных значений морфологических признаков спортсмена с морфологической моделью для конкретного вида спорта. Морфологическая модель представляет совокупность некоторых морфологических признаков, обеспечивающих оптимальную реализацию биомеханического стереотипа вида спорта. Соответствие модели

телосложения является базовым преимуществом для успешности и долголетия в виде спорта. Несоответствие модели при высокой мотивации спортсмена, как правило, требует высокой активности дополнительных компенсаторных механизмов, что в итоге снижает вероятность высоких результатов, долголетия в спорте, более того, является фактором риска для состояния здоровья. В этом случае необходимо обращать внимание на состояние сердечно-сосудистой системы, осуществлять наиболее жесткий текущий контроль процессов адаптации организма спортсмена к тренировочному воздействию.

В лаборатории спортивной антропологии ВНИИФК по результатам обследования около 15 тысяч лучших спортсменов страны, были разработаны модели телосложения для всех видов спорта. Модели телосложения включали не только тотальные размеры тела, но и признаки телосложения, максимально значимые для обеспечения биомеханического и биоэнергетического стереотипа соревновательной деятельности в каждом виде спорта. В каждой специализации были определены пропорции тела и сегментов конечностей, компонентный состав массы тела (Мартиросов Э.Г., 1985).

Текущее морфологическое состояние определяется по уровню развития и соотношению мышечного и жирового компонентов. Состояние спортсмена обуславливается как срочной, так и долговременной адаптацией к спортивной деятельности. Адаптация к мышечной деятельности охватывает все функциональные системы организма, проявляя как специфичные для воздействия, так и общие черты. Общая структурная схема адаптации к любому стрессовому фактору и физической нагрузке, включает повышение энергетического потенциала и возможностей его использования и восстановления; адаптивный синтез структурных и энзимных белков, мембранных липидов; изменение в системе регуляции метаболизма и расширение ее диапазона.

Систематическая физическая тренировка вызывает адекватное пластическое обеспечение и белковый синтез в мышечной системе.

Гипертрофия мышечной массы может быть обусловлена как увеличением саркоплазмы, так и миофибриллярного аппарата. Так, длительные упражнения умеренной интенсивности, повышающие выносливость, способствуют преимущественно гипертрофии саркоплазмы без значительного повышения массы миофибрилл и силы сокращения мышц. Напротив, силовые и скоростно-силовые нагрузки вызывают гипертрофию преимущественно сократительного аппарата.

Вместе с тем, практически любая нагрузка, кроме очень короткого спринта, требует повышенного снабжения рабочих мышц соответствующими субстратами. Сюда относятся свободные жирные кислоты, которые освобождаются при расщеплении депонированного жира и используются в энергетических процессах как субстрат окисления. Депонированные жиры имеют высокую и основную значимость как источник энергии при мышечной деятельности. Однако жировая ткань активно используется только при нагрузках умеренной мощности, когда накопление молочной кислоты отсутствует, а интенсивность окисления углеводов снижается в связи с уменьшением их запасов. При работе высокой мощности большая концентрация молочной кислоты и активный гликолиз тормозят участие жиров в обеспечении мышечной деятельности.

Таким образом, биологические закономерности адаптации организма к мышечной деятельности отражают изменения мышечной и жировой масс (лабильных компонентов массы тела) под воздействием тренировочных нагрузок и в связи с характерными особенностями адаптации организма. Многолетние исследования в практике современного спорта показали, что лабильные компоненты массы тела человека могут быть использованы как маркеры широкого спектра действия в спорте. Они отражают длительные специфические изменения, происходящие в организме человека при занятиях спортом, и текущие адаптационные сдвиги в процессе тренировки. Данные по высококвалифицированным спортсменам представлены в таблицы 10-12.

**Таблица 10.** Лабильные компоненты массы тела и спортивная квалификация.



Вид спорта	Разряд	Женщины		Мужчины	
		Мышцы %	Жир %	Мышцы %	Жир %
Конькобежный спорт – Спринт	мсмк, змс	53,0	12,0	54,0	9,0
	мс	51,0	14,0	52,0	11,0
Конькобежный спорт – Многоборье	мсмк, змс	52,0	11,0	53,0	8,0
	мс	50,0	13,0	51,0	10,0
Академическая Гребля	мсмк, змс	52,0	12,0	54,0	9,0
	мс	49,0	16,0	51,0	12,2
Хоккей (сборная команда)	основная			53,0	10,7
	молодежная			51,4	11,9
	юниорская			50,9	12,2
Баскетбол (сборная команда)	основная	50,9	15,5	52–53	10,8
	молодежная	48,5	17,7	51,5	11,6
	юниорская	47,8	18,7	50,9	11,8
Футбол	высшая лига			52,4	9,5
	первая лига			50,8	11,2

**Таблица 11.** Основные морфологические характеристики ведущих спортсменов–мужчин олимпийских видов спорта (сред. – среднее арифметическое;  $\delta$  – стандартное отклонение по выборке).

Вид спорта	Длина тела, см		Масса тела, кг		Мышечная масса %		Жировая масса, %		
	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$	
1.Бег 100–200 м (11)	179,2	6,4	77,2	6,3	56,1	1,4	7,9	1,3	
2.Бег 100 м с барьерами (5)	183,2	3,1	75,1	2,0	54,6	1,8	8,4	1,0	
3.Бег 400 м (8)	181,6	4,2	79,3	7,6	55,3	1,1	8,0	1,5	
4.Бег 400 м с барьерами (2)	180,7	2,2	72,3	2,8	56,2	1,3	6,8	0,6	
5.Конькоб.спорт: спринт (10)	178,2	6,4	77,4	7,8	53,4	2,5	9,0	1,2	
6.Шорттрек (21)	177,0	5,6	72,8	7,0	53,9	2,2	9,4	2,1	
7.Гребля на байдар. и каноэ (53)	181,9	5,1	82,7	6,2	52,5	1,5	9,7	2,0	
8.Гребля академическая (69)	192,7	4,3	95,5	6,3	53,9	2,2	10,4	2,5	
Легкий вес (10)	180,8	3,3	72,6	1,7	53,5	1,5	7,6	1,2	
9.Плавание: вольный стиль(13)	на спине (6)	189,9	4,8	84,3	7,1	54,5	2,0	10,5	1,8
	брасс (9)	182,1	4,9	81,3	9,2	54,8	2,3	11,4	3,0
	баттерфляй (5)	184,9	2,4	75,5	4,6	54,8	1,1	8,6	0,6
	комплексное (4)	183,1	4,8	78,5	3,7	53,5	1,0	8,5	1,8
	Все спортсмены (37)	186,4	4,3	81,1	6,7	54,3	1,7	10,2	1,9
	10.Бег 800 м (4)	181,3	4,7	72,4	4,3	52,5	1,1	7,8	1,2
11.Биатлон (24)	177,3	6,1	73,3	6,6	53,0	1,6	8,3	1,3	
12.Лыжные гонки (33)	177,3	5,2	74,6	6,4	52,8	1,6	8,4	1,4	
13.Лыжное двоеборье (16)	173,5	3,8	67,1	6,6	52,7	2,3	8,4	1,1	

14.Конькоб.спорт:многоборье(15)	180,5	6,4	77,2	7,1	53,1	1,6	9,2	2,4
15.Велоспорт: трек (7)	180,8	3,3	86,6	8,7	55,0	2,7	8,7	1,1
шоссе (15)	177,9	4,3	68,9	5,2	51,7	1,4	8,0	1,0
BMX (5)	178,1	4,8	77,1	9,6	51,2	2,8	12,1	5,7
16.Ходьба (2)	171,4	10,8	62,9	10,7	52,5	2,0	7,1	0,5
17.Триатлон (7)	178,5	7,5	72,3	5,2	53,5	2,3	8,2	1,6
18.Волейбол: связующие (8)	194,6	2,5	91,2	6,4	53,0	2,7	10,7	2,3
блокирующие (11)	202,6	6,8	96,4	8,8	53,5	2,7	9,9	3,8
доигровщики (14)	198,8	4,1	93,1	6,1	53,7	1,8	9,0	1,9
диагональные (6)	204,0	4,8	99,2	10,9	54,8	1,4	8,3	1,3
либеро (6)	189,5	6,1	87,2	11,1	53,4	2,3	11,1	2,5
Вся команда (45)	198,4	4,8	93,6	8,1	53,6	2,2	9,7	2,4
19.Баскетбол: защитники (17)	192,6	4,5	91,0	4,4	52,8	2,4	10,4	1,9
нападающие (13)	202,0	2,9	102,9	5,8	53,0	2,1	11,5	4,6
центровые (5)	209,5	2,2	114,0	6,8	51,1	2,4	11,7	1,7
Вся команда 35	198,5	7,3	99,1	9,8	52,6	2,4	11,1	3,1
20.Футбол: вратари (7)	188,6	4,8	87,4	9,1	52,5	2,0	10,7	2,0
защитники (27)	182,4	7,5	79,8	8,3	52,3	2,3	9,7	2,7
полузащитники (44)	179,3	5,1	76,2	6,9	51,8	2,4	10,3	2,9
нападающие (23)	181,0	5,2	78,6	5,6	52,4	1,7	9,6	1,9
Вся команда (101)	181,2	5,7	78,5	7,1	52,1	2,2	10,0	2,6
21.Хоккей: защитники (43)	184,1	4,6	90,7	6,3	52,7	2,1	11,6	2,9
нападающие (61)	181,4	6,2	87,0	7,4	52,4	2,3	11,7	3,0
вратари (12)	179,5	4,6	83,5	6,4	52,5	2,8	12,6	4,3
Все команда (116)	182,2	1,6	88,0	4,5	52,5	1,9	11,8	12,7
22.Бокс 48–54 кг (10)	159,7	5,2	54,4	3,6	49,1	2,7	10,3	1,6
57–64 кг (10)	169,3	4,0	61,7	3,2	50,8	1,5	9,6	1,7
67–71 кг (4)	177,3	3,2	71,2	1,7	52,1	2,7	10,7	2,7
75–81 кг (5)	181,1	4,1	82,6	4,4	51,6	2,1	11,0	0,8
91–св.91 (6)	186,3	4,5	96,8	9,2	51,7	3,0	13,3	5,8
23.Греко–римская борьба: 55 (3)	161,0	8,3	60,1	2,2	51,3	1,3	8,7	1,7
60 кг (4)	162,0	5,2	65,4	1,8	53,4	0,7	8,5	0,9
66 кг (4)	167,0	5,3	71,8	1,3	53,6	1,1	8,0	0,6
74 кг (3)	170,3	1,6	77,2	2,1	52,1	0,7	7,3	1,5
84 кг (3)	171,9	6,4	84,5	3,7	53,1	0,6	8,1	1,3
96 кг (2)	179,7	2,6	97,1	3,5	53,7	1,3	9,6	2,8
120 кг (3)	188,2	6,2	124,5	7,5	48,9	3,0	18,3	4,9
24.Дзюдо: 60 кг (8)	163,0	2,4	64,7	2,0	51,9	1,2	9,1	1,6
66 кг (9)	168,0	3,5	68,9	1,5	52,0	2,1	9,4	1,3
73 кг (13)	170,5	3,5	74,9	2,6	53,4	2,0	9,5	1,5
81 кг (9)	174,3	3,4	80,8	2,7	53,4	2,3	10,1	2,4
90 кг (6)	179,6	2,0	90,5	3,7	52,3	2,5	11,0	3,1
100 кг (6)	184,6	2,5	97,9	3,6	53,3	2,1	11,7	2,9
100+ (4)	186,7	4,5	121,7	5,3	50,2	4,4	19,5	7,1
25.Тяжелая атлетика 56 кг	156,9	2,7	61,0	1,6	55,4	0,4	8,0	0,7

62 кг	158,0	1,2	62,0	2,3	55,0	1,8	8,1	1,2
69 кг	160,2	3,9	69,1	2,3	55,9	3,3	8,1	1,3
77 кг	165,0	2,1	76,9	1,1	56,0	1,8	9,1	1,8
85 кг	165,2	3,0	81,6	2,5	54,3	1,7	10,7	2,7
94 кг	172,8	3,0	90,1	2,0	56,9	1,2	8,3	1,4
105 кг	175,6	2,5	100,1	3,1	55,5	0,7	12,1	4,7
Св.105 кг	180,6	3,5	107,3	1,4	57,1	1,4	10,0	2,6
26.Фехтование: Рапира (9)	182,3	8,3	83,4	7,2	53,4	3,0	12,1	2,8
Шпага (10)	184,0	8,1	83,6	9,0	54,6	4,9	12,4	3,0
27.Прыжки с шестом (6)	185,1	3,2	81,9	3,3	55,9	1,0	8,7	1,0
28.Тройной прыжок (5)	188,9	7,4	85,8	6,6	55,6	1,5	7,3	1,6
29.Прыжки с трамплина (15)	176,0	4,8	66,6	6,9	54,1	1,9	8,3	1,1
30.Прыжки в воду (10)	166,5	4,6	63,3	7,5	53,3	1,8	8,8	1,1
31.Бобслей: пилоты (2)	181,6	3,6	90,4	5,3	53,5	2,3	9,9	0,8
разгоняющие (9)	179,2	2,7	81,5	5,9	55,8	2,1	9,0	1,6

**Таблица 12.** Основные морфологические характеристики ведущих спортсменок олимпийских видов спорта (сред. – среднее арифметическое;  $\delta$  – стандартное отклонение по выборке).

Вид спорта	Длина тела, см		Масса тела, кг		Мышечная масса, %		Жировая масса, %	
	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$	сред.	$\delta$
1.Бег 100–200 (13)	167,2	5,5	60,1	5,2	54,3	1,4	10,2	2,0
2.Бег 100 с барьерами (9)	169,7	8,4	59,6	6,8	53,7	2,5	11,4	2,4
3.Бег 400 (12)	169,9	5,3	60,6	6,1	52,5	1,7	10,5	2,8
4.Бег 400 с барьерами (7)	170,4	4,2	59,6	4,2	52,6	1,8	10,0	2,0
5.Конькоб.спорт: спринт (5)	169,5	1,9	61,8	3,2	50,3	2,1	13,8	1,4
6.Шорттрек (22)	164,9	5,1	59,6	5,2	51,5	2,6	13,4	3,2
7.Гребля на байдар. И каноэ (12)	171,3	4,5	67,9	5,5	49,5	1,2	14,7	2,4
8.Бег 800 м (8)	168,7	4,8	55,4	3,3	51,1	2,2	11,5	1,9
9.Бег 1500 м (5)	164,8	2,4	55,7	2,8	52,0	2,4	10,7	2,4
10.Плавание: вольный стиль (9)	171,4	2,8	62,6	5,1	51,2	2,5	14,1	1,7
на спине (2)	170,5	7,1	60,3	0,4	52,6	2,6	13,6	4,6
брасс (5)	172,9	4,2	65,0	5,7	53,7	1,3	11,8	1,4
баттерфляй (4)	173,0	1,7	68,6	7,9	49,2	2,2	17,6	0,9
комплексное (3)	171,1	9,4	61,7	9,4	49,5	1,2	14,0	1,9
Все спортсменки (23)	171,9	4,1	63,8	5,9	51,3	2,0	14,2	1,8
11.Гребля академическая (30)	179,9	3,3	76,7	6,4	51,1	2,4	15,5	4,0
12.Биатлон (26)	165,4	4,7	58,6	5,5	50,7	1,7	12,2	2,3
13.Лыжные гонки (19)	164,3	3,6	58,7	4,4	51,4	1,9	11,1	2,4
14.Конькоб.спорт:многоборье(11)	168,1	6,5	62,8	5,5	50,4	2,0	14,5	2,9
15.Велоспорт: трек (4)	160,1	4,9	59,5	3,3	54,3	2,0	9,2	0,7
BMX (4)	160,5	2,6	56,9	4,8	50,0	0,4	18,8	2,4

16.Бег 3000 м с препятств. (5)	167,6	9,3	56,2	9,7	50,3	2,8	12,6	4,0
17.Ходьба (2)	160,4	1,6	47,0	2,1	52,1	0,1	11,2	1,3
18.Марафон (3)	162,8	3,0	51,5	1,7	49,2	2,4	10,7	3,1
19.Триатлон (7)	165,9	4,9	51,4	2,1	51,4	2,1	13,5	3,3
20.Баскетбол: Защитники (12)	177,7	3,1	69,6	7,7	50,6	3,5	15,5	5,2
Нападающие (13)	183,2	4,0	76,1	6,1	51,4	2,1	15,5	2,8
Центровые (9)	190,1	3,7	83,0	7,8	51,8	0,8	14,6	2,6
Вся команда (34)	182,8	8,1	74,6	8,2	50,9	2,3	15,5	3,5
21.Волейбол: связующие (3)	176,4	1,4	66,3	1,5	52,0	1,3	12,9	3,0
блокирующие (7)	190,0	4,5	77,0	5,4	52,3	2,4	13,9	2,5
доигровщики (11)	189,5	6,2	74,1	4,7	51,5	1,4	13,3	3,2
либеро (3)	170,6	2,3	62,0	1,8	52,2	2,1	13,2	3,0
Вся команда (24)	185,6	4,6	72,5	4,1	51,9	1,8	13,4	2,9
22.Футбол: вратари (2)	172,4	1,6	71,1	1,7	51,2	0,2	13,5	1,6
защитники (8)	166,2	4,0	60,7	7,0	49,9	3,2	17,2	5,8
полузащитники (7)	160,7	2,0	55,0	3,7	49,4	2,7	17,5	6,1
нападающие (5)	164,4	7,8	55,6	3,0	49,7	3,1	17,3	2,2
Вся команда (22)	164,6	4,0	58,7	4,6	49,8	2,7	17,0	4,7
23.Вольная борьба: 48–51 кг (8)	154,8	4,6	54,4	2,8	51,2	2,4	13,0	2,2
55–59 кг (6)	161,5	4,0	61,7	2,2	50,8	1,7	14,3	2,7
63–67 кг (4)	163,1	2,4	66,7	2,3	50,6	0,9	14,0	3,9
72 кг (2)	170,3	3,2	79,2	1,4	53,0	1,3	14,3	5,4
24. Фехтование: Рапира (12)	170,3	6,4	65,8	10,6	54,1	1,5	10,9	1,9
Шпага (17)	171,2	2,9	65,0	1,3	53,6	0,2	13,4	4,0
25.Синхронное плавание (11)	168,2	6,2	57,9	3,1	51,0	1,6	14,7	3,7
26.Прыжки в воду (6)	158,5	5,6	52,9	7,1	48,2	2,3	14,4	1,6
27.Прыжки в высоту (10)	177,2	4,2	61,6	4,4	53,2	1,9	10,8	1,8
28.Прыжки с шестом (5)	166,1	3,6	59,1	2,5	52,4	3,5	12,2	3,6
29.Прыжки в длину (6)	174,8	5,3	62,3	2,4	53,8	1,7	11,1	1,9
30.Тройной прыжок (3)	169,5	7,1	60,4	5,2	54,0	2,6	11,0	0,7
31.Многоборье (5)	177,8	6,4	67,9	5,1	52,4	1,4	12,8	2,6
32.Современное пятиборье (13)	166,8	5,3	57,4	3,6	52,9	2,1	12,6	2,4
33.Метание молота (5)	170,3	9,3	74,7	7,4	51,3	1,1	16,4	3,5
34.Метание диска (2)	182,9	5,2	97,0	25,2	52,0	1,4	19,6	6,6

Рост спортивных достижений в обозреваемый период времени (последние 10-30 лет), приближаясь к пределам физических возможностей, находит отражение в повышении требований к системам и органам организма человека. Изменения молекулярного, клеточного и органного уровня при длительном воздействии спортивной деятельности в итоге находят место в коррекции модели телосложения. Пути совершенствования модели

телосложения различны, они обусловлены спецификой, основными направлениями развития вида спорта.

На основании ретроспективного анализа динамики морфологических особенностей высококвалифицированных спортсменов всех основных групп видов спорта (более 2000 человек) было показано, что за последние 30 лет принципиальные и закономерные тренды изменений по большинству видов спорта могут быть охарактеризованы увеличением длины тела, массы тела, процентного содержания мышечного компонента и снижением массы жирового компонента. Это в целом указывает на общую атлетизацию спортивной подготовки. Исключения из общего тренда по тотальным размерам тела составляют виды спорта с наиболее консервативными во времени характеристиками соревновательной деятельности (бег на длинные дистанции), и наиболее консервативными по статусу весоростовых показателей и биохимическому стереотипу соревновательной деятельности (тяжелая атлетика).

Анализ сдвигов основных тотальных размеров тела - длины и массы тела позволил выделить группы видов спорта с диаметрально противоположными направлениями «совершенствования» типа сложения. Такие виды спорта, как коньки, лыжные гонки, пятиборье, фехтование, прыжки в воду, баскетбол, отличаются преимущественным увеличением длины тела. Представители велосипедного спорта, волейбола, регби (нападающие), бокса (тяжелые веса), тяжелой атлетики (легкие и средние веса), наоборот, изменяются в сторону преимущественного увеличения массы тела. Выделяются и такие виды спорта, в которых изменения длины и массы тела однонаправлены. Это бег на короткие, средние и длинные дистанции, водное поло, регби (защитники), бокс (средние и легкие веса).

Указанная информация позволяет с определенной долей вероятности определить тренд 1-й указанной группы - как усиление вытянутости при относительном снижении массы тела; во 2-й группе проявляется тенденция к брахиморфии, относительному утяжелению; 3 группа характеризуется

сохранением основной структуры телосложения. Максимальные и очень большие сдвиги мышечного компонента (прибавление более 3%) произошли в легкоатлетическом беге, коньках, лыжах, фехтовании, баскетболе, водном поло, боксе (легкий вес), тяжелой атлетике (тяжелый вес), что вызвано усилением доли силового компонента в обеспечении спортивного результата.

Изменения жирового компонента также неоднозначны в разных группах спорта. Максимальное снижение (на 3 - 4%) отмечено в беге на длинные дистанции, велоспорте, прыжках в длину, баскетболе, регби и тяжелой атлетике. Снижение на 1-2% наблюдается в беге на средние дистанции, лыжных гонках, пятиборье, фехтовании. Без изменений - спринт, коньки, регби (защитники), бокс.

Таким образом, выявленные специфичные для видов направления изменения строения тела отражают направленность и содержание спортивного онтогенеза. Это отражает их объективную значимость и необходимость учета широкого комплекса признаков телосложения спортсменов как с целью оценки индивидуального соответствия видовой специфике, так и для постоянного обновления моделей телосложения в спорте высших достижений. Определение морфологической пригодности целесообразно в рамках ЭКО в начале годового цикла подготовки с целью уточнения состава претендентов на участие в централизованной подготовке и выбора и коррекции средств и методов подготовки с учетом перспективы их оптимальной реализации.

Программа антропологического обследования в рамках ЭКО должна включать полный набор измерений с определением тотальных и парциальных размеров тела и конечностей, компонентов массы тела – мышечного, жирового и костного, состояния стопы и осанки, минеральной плотности кости, генетического потенциала с дерматоглифическим тестированием.

Мышечная и жировая массы являются маркерами долговременной адаптации, так как мышечная и жировая массы тела тесно связаны с показателями силы, мощностью аэробной и анаэробной систем

энергообеспечения, с интегральным показателем долговременной адаптации в спортивной деятельности, с уровнем спортивных результатов. В детском и юношеском возрасте динамика лабильных компонентов тела четко различает детей, занимающихся и не занимающихся спортом.

### **3.14 Динамика мышечной и жировой массы в качестве маркера текущей адаптации**

Динамика лабильных компонентов массы тела тесно сопряжена с изменениями одной из ведущих характеристик адаптивных сдвигов под воздействием тренировки - специальной физической работоспособностью (далее - СФР). Корреляционная взаимосвязь изменений СФР и доли мышечной массы в процессе подготовки очень высока и составляет 0,7- 0,8. Связь СФР с изменениями жировой массы несколько ниже, и она отрицательна ( $r=0,40$ ).

Увеличение ММ и снижение ЖМ в тренировке адекватно повышению специальной работоспособности на фоне снижения энергозатрат на единицу работы. Стабилизация ММ и ЖМ адекватно сохранению СФР при прежнем уровне функциональных трат. Снижение ММ и ЖМ может первое время сопровождаться недолговременным повышением СФР за счет повышения напряженности регуляции энергообеспечения выполнения работы при возможном повышении энергозатрат на фоне снижения активности процессов восстановления. Спортивная результативность в этом случае может быть высокой, но держится недолго.

Снижение ММ и повышение ЖМ - это снижение работоспособности при значительном повышении энергетической стоимости единицы работы на фоне снижения общей мощности энергообеспечения. Увеличение ММ и ЖМ, которое отмечается, как правило, в межсезонье, отражает сохранение уровня СФР при повышении энергетической стоимости единицы работы и неустойчивость в реализации.

Динамика ММ и ЖМ тесно сопряжена с изменениями молекулярных параметров обмена веществ (анаболизма и катаболизма), с освобождением

энергии как следствие единства структурных и функциональных связей функциональной системы при обеспечении мышечной деятельности на всех уровнях организации организма. Повышение среднего уровня ММ и снижение среднего уровня ЖМ от одного сезона к другому отражает очень высокий уровень анаболической и катаболической активности расширением адаптационной базы и повышением активности энергетического потенциала.

Снижение среднего уровня ММ и повышение среднего уровня ЖМ от начала одного сезона к началу другого сезона соответствует снижению анаболической и катаболической активности, но при доминировании катаболизма. Здесь характерно принципиальное снижение адаптационной базы и снижение работоспособности. На разных этапах годичного цикла подготовки изменения ММ преимущественно обуславливаются активностью различных фаз метаболизма. В начале сезона ММ в большей мере обеспечивается активностью анаболизма (коэффициент корреляции от 0,5 до 0,7), то есть в большей мере уровнем собственных адаптивных возможностей. В конце сезона повышается активность катаболизма (коэффициент корреляции от - 0,6 до -0,8).

Динамика ММ и ЖМ адекватно отражает использование и дозирование препаратов, стимулирующих белковый обмен. Отмечается сохранение ритмичности в колебаниях, увеличение суточных величин колебаний в 1,5 раза (в среднем до 2,5 кг), увеличение кумулятивного эффекта. За микроцикл ММ возрастает, ЖМ уменьшается на 1,5 - 2,5 кг. За мезоцикл изменения такого же характера достигают 3 - 4 кг, как следствие воздействия фармакологических препаратов, стимулирующих белковый синтез. Дозировка адекватна объему и структуре тренировочной нагрузки при общей доминанте анаболизма в обмене веществ.

Непрерывное увеличение ММ и снижение ЖМ в течение 7 - 8 дней, характерное для втягивающего микроцикла, находится в пределах 2 - 4 кг. Переход на новый уровень в последующие 8-10 дней связан с резким увеличением амплитуды колебаний до 2,5 - 3 кг при небольших суммарных



сдвигах - 1,5 - 2 кг. В целом за мезоцикл изменения достигают 4 - 7 кг, что связано с нарушением ритмичности чередования фаз метаболизма. Здесь имеет место превышение интенсивности анаболических процессов в организме над тренировочными воздействиями.

Динамика ММ и ЖМ, отражая адаптационные сдвиги на всех уровнях иерархии организма спортсмена, указывают на характер фактора, вызывающего изменения, то есть на характер тренировочных нагрузок, позволяя оценивать непосредственно текущую ситуацию и проводить коррекцию текущего и этапного планирования (таблица 13).

**Таблица 13. Динамика компонентов массы тела и характер рекомендуемой тренировочной нагрузки**

№	Динамика ММ, кг	Динамика ЖМ, кг	Характер тренировочной нагрузки (ТН)
1	+	+	ТН недостаточна, как правило, наблюдается после длительного отдыха
2	+	0	ТН преимущественно силового характера, суммарный объем средний, недостаточный объем аэробной работы (продолжение прежней структуры воздействия чревато срывом адаптации, так как не активизируется использование жирового субстрата в энергетике)
3	+	-	ТН развивающего характера, при достижении индивидуально предельно высоких значений мышечной массы и предельно низких значений жировой следует обратить внимание на достаточный объем компенсаторной работы при снижении суммарного объема работы
4	0	+	ТН недостаточна, может наблюдаться в начале длительного тренировочного фрагмента. Требуется увеличения суммарного объема работы при высокой доле аэробного компонента с последующим добавлением силы
5	0	0	ТН поддерживающего характера, сбалансированная, не приводит к созданию новой адаптационной базы
6	0	-	ТН поддерживающего характера с аэробным акцентом
7	-	-	ТН неадекватна: высокий суммарный объем на фоне чрезмерного объема аэробной работы при недостаточных компонентах восстановительной и силовой работы, в последующем снизить суммарный объем, добавить силовой (алактатно-анаэробный) компонент
8*	-	0	ТН неадекватны: высокий суммарный объем при высоком превышении анаэробной работы при недостатке компенсаторной работы.

9*	-	+	При коррекции следует снизить суммарный объем работы, временно убрать смешанный и анаэробный компонент, добавить алактатно-анаэробный компонент, усилить аэробный компонент.
* - может быть результатом заболевания			

Динамика лабильных компонентов массы тела, с высокой степенью вероятности отражая направленность и выраженность поэтапных и текущих изменений в организме под воздействием тренировки, имеет в годичном цикле устойчивый характер изменений, обусловленный структурой и направленностью тренировочного процесса в соответствии с календарем соревнований:

- при адекватной подготовке - снижение жировой массы и увеличение мышечной массы, сначала очень быстро в первой половине подготовительного периода, потом во второй половине подготовительного периода незначительно. Как правило, на границе подготовительного и соревновательного периода мышечная масса достигает максимально высоких показателей, а жировая - близких к минимальным значений. В соревновательном периоде величины лабильных компонентов массы тела должны колебаться от соревнования к соревнованию, в целом удерживая достигнутый уровень ЖМ.

При неадекватном построении подготовки наблюдается другая динамика. Быстрое и высокое нарастание ММ и очень быстрое и высокое снижение ЖМ в первой половине подготовительного периода сопровождается последующим снижением ММ и ЖМ во второй половине подготовительного периода. После первых отборочных соревнований на протяжении соревновательного периода ММ снижается, а жировая масса увеличивается, что отражает снижение активности энергетики и снижение белкового синтеза.

Определение морфологического состояния планируется при проведении ТО на этапах годичного цикла подготовки для оценки изменения текущего состояния организма, реакции адаптации и адекватности тренировочного

воздействия. Программа антропологического обследования в рамках ТО должна обязательно включать измерения лабильных параметров тела и конечностей (масса тела, обхватные размеры конечностей, кожно-жировые складки) с определением лабильных компонентов массы тела (мышечной и жировой масс) и вычислением их динамики по отношению к предыдущему обследованию. Для корректной оценки динамики морфологического состояния обследование целесообразно проводить в начале и конце выделенного тренировочного фрагмента (неделя, месяц, год).

### **3.15 Методика проведения антропометрических измерений**

**1. Измерение высоты точек над полом** (продольные размеры тела и сегментов).

**Верхушечная точка** определяет длину тела - наиболее высокая точка темени при стандартном положении головы. Исследователь стоит справа от измеряемого, антропометр находится в правой руке и устанавливается строго вертикально в срединной вертикальной плоскости. Линейка направляется на верхушечную точку и фиксируется левой рукой. Линейка должна плотно касаться темени. Волосы следует предварительно расправить (при наличии высокой прически).

**Верхнегрудинная точка** соответствует середине края яремной вырезки, рукоятки грудины. Измеритель стоит сбоку, справа. Необходимо опустить подвижную коробку антропометра вдоль штанги вниз, выдвинуть нижнюю линейку на 15-20 см, нащупать рукой точку и приложить к ней свободный конец опущенной линейки.

**Акромиальная (плечевая) точка** - наружная точка бокового края плечевого отростка лопатки. При отыскании точки необходимо прощупать вначале ось лопатки, поднимаясь по ней вверх определить положение плечевой точки. Для проверки правильности нахождения точки необходимо движением руки в плечевом суставе проверить устойчивость точки, если точка подвижна - произошла ошибка в ее определении. При измерении высоты плечевой точки над полом измеритель стоит лицом к измеряемому,

антропометр в вертикальном положении устанавливается в сагиттальной плоскости, проходящей через измеряемую точку.

**Лучевая точка** - соответствует верхнему краю головки лучевой кости. Она определяется прощупыванием на дне лучевой ямки, которая располагается под наружным надмыщелком плечевой кости. Измеритель стоит сбоку от испытуемого, лицом к измеряемой точке.

**Шиловидная точка** - нижняя точка шиловидного отростка лучевой кости.

**Пальцевая точка** - соответствует наиболее низкой точке дистальной фаланги третьего пальца кисти. Измеряется по мягким тканям без давления.

**Передняя верхняя подвздошно-остистая точка** - наиболее выдающаяся точка, соответствующая передней верхней ости подвздошной кости.

**Лобковая точка** - соответствует верхнему краю лонного сочленения. Лежит примерно на границе волосистой части лобка. Определяется прощупыванием верхнего края лонного сочленения через переднюю стенку живота по срединной линии.

**Верхнеберцовая внутренняя точка** - соответствует середине внутреннего мыщелка большой берцовой кости. Определяется при прощупывании суставной щели коленного сустава с внутренней стороны. Нащупывается суставная щель и фиксируется верхняя точка середины внутреннего суставного отростка большой берцовой кости.

**Нижнеберцовая точка** - самая нижняя точка внутренней лодыжки. Измерение выполняется скользящим циркулем с привернутой муфтой.

## **2. Измерение диаметров тела**

Измерения проводятся большим толстотным циркулем. При измерении диаметров конечностей пользуются малым толстотным или скользящим циркулем. Прощупывание антропометрических точек производится пальцами. Нажим ножек циркуля во всех случаях должен быть одинаковым. Мягкие ткани при этом слегка прижимаются.

**Акромиальный (плечевой) диаметр (ширина плеч)** - расстояние между правой и левой акромиальными (плечевыми) точками. Измерение легче производить спереди.

**Поперечный диаметр грудной клетки** - горизонтальное расстояние между наиболее выступающими боковыми поверхностями грудной клетки на уровне среднегрудинной точки, что соответствует уровню верхнего края четвертых ребер. Ножки толстого циркуля устанавливаются на ребра по среднеподмышечным линиям грудной клетки.

**Передне-задний (сагиттальный) диаметр грудной клетки** - измеряется в горизонтальной плоскости по сагиттальной оси на уровне среднегрудинной точки (4 - 5 ребро). Одна ножка циркуля устанавливается на среднегрудинной точке, другая на позвоночнике при строго горизонтальном положении линейки циркуля.

**Тазогребневый диаметр** - наибольшее расстояние между двумя подвздошно-гребешковыми точками, то есть расстояние между наиболее удаленными друг от друга точками гребней подвздошных костей. Измеряется при достаточно сильном нажиме толстым циркулем.

**Поперечный диаметр нижнего эпифиза плеча** - наибольшее расстояние по горизонтали между наружным и внутренним надмыщелками плечевой кости. Измерение производится толстым циркулем.

**Поперечный диаметр нижних эпифизов предплечья** - наибольшее расстояние до горизонтали между шиловидными отростками от лучевой и локтевой кости.

**Поперечный диаметр нижнего эпифиза бедра** - наибольшее расстояние по горизонтали между внутренним и наружным надмыщелком бедренной кости.

**Поперечный диаметр нижних эпифизов голени** - наибольшее расстояние по горизонтали между наружной и внутренней лодыжками костей голени.

**Ширина кисти** - прямолинейное расстояние между пястными точками 2-го и 5-го лучей, соответствующих боковым поверхностям головок 2-й и 5-й пястных костей, измерение производится скользящим циркулем. Ножки циркуля с внешней стороны подводятся к намеченным точкам.

**Длина кисти** - определяется как перпендикулярное расстояние от линии, соединяющей верхушки шиловидных отростков лучевой и локтевой костей до пальцевой точки. Измерение выполняется скользящим циркулем. Длина кисти определяется как разность между высотой над полом шиловидной и пальцевой точек, измеряется антропометром.

**Длина стопы** - наибольшее расстояние между пятой точкой (наиболее выдающейся кзади точкой пятки) и конечной точкой стопы, находящейся на конце первого или второго пальцев.

**Плюсневая ширина стопы** - прямое расстояние между наружной (наиболее выдающаяся на наружном крае стопы точка в области головки пятой плюсневой кости), и внутренней (наиболее выдающаяся по внутреннему краю стопы точка в области головки первой плюсневой кости) плюсневыми точками. Измерение производится штанговым или скользящим циркулем, а также специальным стопометром. При этом стопа с собранными пальцами спокойно стоит на плоскости.

#### Измерение обхватов

Исходное положение измеряемого - стандартное. При снятии обхватных размеров грудной клетки рекомендуется контролировать дыхание испытуемого и фиксировать размер в момент перехода фазы выдоха в фазу вдоха. Иногда испытуемому предлагают считать вслух. Все обхваты берутся в горизонтальной плоскости. Измеритель стоит перед обследуемым, накладывает полотняную сантиметровую ленту горизонтально на измеряемую часть тела. При этом нулевое деление ленты находится спереди и в поле зрения измерителя, а другой конец ленты укладывается над нулевым концом и отмечается деление, приходящееся против последнего. Лента должна прилегать плотно к измеряемой части тела без вдавливания в кожу.

**Обхват груди** - лента проходит сзади под нижними углами лопаток. Спереди у мужчин и детей лента проходит на уровне сосков, у женщин по верхнему краю грудной железы. Лента должна лежать в горизонтальной плоскости. Обхват груди измеряется при трех состояниях: глубоком вдохе, глубоком выдохе и в промежуточном состоянии.

**Обхват бедра** - исходное положение измеряемого: ноги на ширине плеч, вес тела равномерно распределен на обе конечности. Мышцы расслаблены. Измеритель стоит сбоку и сзади. Лента накладывается на бедро горизонтально под ягодичной складкой.

**Обхват голени** - обхват измеряется в месте наибольшего развития икроножной мышцы голени в горизонтальной плоскости. Мышцы не напряжены. Положение испытуемого, что и при измерении обхвата бедра.

**Обхват плеча в спокойном состоянии** - измеряется горизонтально в месте наибольшего развития мышц плеча. Рука в свободно висающем положении, мышцы расслаблены. Измеритель находится сбоку от испытуемого.

**Обхват предплечья** - измеряется в месте наибольшего развития мышц, при свободно свисающей руке. Мышцы расслаблены. Измерение выполняется в горизонтальной плоскости.

#### **Методика измерение кожно-жировых складок**

При измерении жировых складок необходимо пользоваться калипером с постоянным давлением 10 г/мкг с площадью контактных плоскостей 90 мм<sup>2</sup>.

**Кожно-жировая складка под нижним углом лопатки** измеряется на спине под нижним углом правой лопатки в косом направлении (сверху вниз, изнутри кнаружи).

**Кожно-жировая складка на задней поверхности плеча** измеряется при опущенной руке в верхней трети плеча в области трехглавой мышцы, ближе к ее внутреннему краю. Складка берется на правой руке вертикально.

**Кожно-жировая складка на передней поверхности плеча** измеряется на правой руке в верхней трети внутренней поверхности плеча в области

двуглавой мышцы на том же уровне, что и предыдущая складка. Складка берется вертикально.

**Кожно-жировая складка на передней поверхности предплечья** измеряется на внутренней поверхности правого предплечья в наиболее широком его месте. Складка берется вертикально.

**Кожно-жировая складка передней поверхности груди** измеряется сразу же под правой грудной мышцей по ходу передней подмышечной линии. Складка берется в косом направлении (сверху вниз, снаружи внутрь).

**Кожно-жировая складка на передней стенке живота** - измеряется на уровне пупка справа от него на расстоянии 5 см, вертикально.

**Кожно-жировая складка на бедре** - исследуемый сидит на табурете, ноги согнуты в коленных суставах под прямым углом. Складка измеряется в верхней части правого бедра на переднелатеральной поверхности, параллельно ходу паховой складки.

**Кожно-жировая складка голени** - исходное положение то же, и в предыдущем измерении. Складка измеряется почти вертикально на заднелатеральной поверхности верхней части правой голени, на уровне нижнего угла подколенной ямки.

#### Обработка результатов антропометрических измерений

Продольные размеры тела у спортсменов определяются как разность расстояния между определенными антропометрическими точками, ориентированными в вертикальной плоскости.

Состав компонентов массы тела рассчитывается по формулам I. Mateigka (1921), поверхность тела (ПТ) рассчитывается по Issakson, 1959:

$$\text{ПТ(м}^2\text{)} = 1 + \frac{(\text{ДТ} - 160) + \text{МТ}}{100};$$

где ДТ – длина тела в см, МТ – масса тела в кг;

$\text{ЖМ(кг)} = (\text{сумма } 8 \text{ жировых складок}) / 16 \times 0,13 \times \text{ПТ}$  – для мужчин;

$\text{ЖМ(кг)} = (\text{сумма } 7 \text{ жировых складок}) / 14 \times 0,13 \times \text{ПТ}$  – для женщин (не берется складка на груди);



$$\text{ЖМ}(\%) = \frac{\text{ЖМ}(\text{кг})}{\text{МТ}(\text{кг})} \cdot 100\%;$$

$$\text{ММ}(\text{кг}) = \left( \frac{O_1 + \dots + O_4}{25,12} - \frac{C_2 + C_3 + C_4 + C_7 + C_8}{100} \right)^2 \cdot 6,5 \cdot \text{ДТ};$$

где О – обхваты сегментов конечностей в см; С2-С4 и С7 и С8 – кожно-жировые складки на трицепсе, бицепсе, предплечье, бедре и голени в мм;

$$\text{ММ}(\%) = \frac{\text{ММ}(\text{кг})}{\text{МТ}(\text{кг})} \cdot 100;$$

КМ (кг) = (сумма диаметров дистальных эпифизов плеча, предплечья, бедра и голени)/4 x 1,2 x ДТ;

$$\text{КМ}(\%) = \frac{\text{КМ}(\text{кг})}{\text{МТ}(\text{кг})} \cdot 100\%.$$

### **3.15 Методики биохимического контроля при экспресс-диагностике функционального состояния спортсменов**

Биохимический контроль проводится с целью получения информации о здоровье, функциональном состоянии и резервных возможностях организма спортсменов, а также для эффективного управления тренировочным процессом, предотвращения состояния перетренированности, выявления предпатологических и патологических нарушений и своевременной профилактики заболеваний.

Исследования проводятся с применением спектрофотометрических, электрохимических и хроматографических методов. Алгоритм биохимического обследования спортсменов включает тесты, характеризующие функциональное состояние эндокринной системы, ряд биохимических параметров, а также клинические анализы крови и мочи.

В адаптационных процессах у спортсменов исключительная роль отводится кортизолу. Кортизол является гормоном стресса, который защищает организм от любых резких изменений физиологического равновесия посредством воздействия на метаболизм углеводов, белков и липидов, а также на электролитный баланс. Под влиянием этого гормона

развивается протеолиз, при этом образуются аминокислоты с последующим образованием из них углеводов. Гормон участвует в обеспечении иммунной и неспецифической защиты. Кортизол, как и тестостерон, а также и ряд других гормонов, обладает ограниченной способностью к накоплению в клетке, он секретруется в плазму почти с той же скоростью, что и образуется. Секреция кортизола характеризуется выраженным суточным ритмом. Более 70% всего продуцируемого надпочечниками гормона секретруется утром.

Тестостерон – основной природный андроген. Гормон стимулирует рост и развитие многих органов, что является свидетельством анаболического действия, направленного главным образом на обмен веществ в мышечной и костной ткани. Концентрация тестостерона в крови увеличивается после интенсивной физической работы. Однако чрезмерные физические и эмоциональные нагрузки вызывают снижение тестостерона в крови.

Соматотропный гормон (гормон роста) является продуктом аденогипофиза. Он оказывает регулирующее влияние на все виды обмена в организме. Основное биологическое действие СТГ заключается в анаболическом и адипокинетическом эффекте. Физиологическое повышение секреции гормона роста наблюдается в интенсивно растущем организме или в ответ на физическую нагрузку, а также в дневное время при употреблении витаминов (в частности витамина PP) и ряда фармакологических средств. Высокий уровень СТГ, если это не вызвано приемом фармакологических средств, показывает, что процессы нейроэндокринной регуляции метаболической адаптации к нагрузкам у спортсменов протекают напряженно.

Сходным по структуре с молекулой СТГ является другой гипофизарный гормон – пролактин. Этот гормон является регулятором водно-солевого обмена, влияет на синтез и секрецию половых стероидов, в том числе и тестостерона. Пролактин, подобно СТГ, участвует в регуляции белкового и жирового обмена. Пролактин усиленно секретруется при стрессе.

Гормоны щитовидной железы оказывают регулирующее влияние на энергетический обмен, ускоряют анаболизм белков, углеводов, жиров, оказывают выраженное калоригенное действие, влияют на интенсивность потребления кислорода тканями. Особая роль отводится тиреоидным гормонам в поддержании функции нервной системы. Состояние тиреоидной системы в значительной мере определяет адаптационные возможности и формирование механизмов адаптации к спортивной деятельности. В то же время чрезмерные физические нагрузки могут вызывать деструктивные изменения клеток щитовидной железы. В результате иммунная система начинает воспринимать собственные клетки организма как чужие. Ответ на это - синтез аутоиммунных антител к клеткам или белкам щитовидной железы.

Инсулин и С-пептид - индикаторы функционирования поджелудочной железы. Определение С-пептида позволяет охарактеризовать синтетическую и секреторную функцию бета-клеток. Метаболическое действие инсулина сводится к увеличению использования и накопления энергетических соединений в клетках. Участие инсулина в обменных процессах состоит в увеличении проницаемости для глюкозы клеточных мембран мышц, жировой ткани, печени и других органов, индуцирования синтеза и повышение активности ключевых ферментов, распада глюкозы, усиление захвата жировой тканью глюкозы и превращение ее в жиры, уменьшение распада белков и увеличение их синтеза. Уменьшение концентрации инсулина происходит при длительной физической нагрузке.

Ощущение усталости и снижение работоспособности может быть связано с уменьшением запасов углеводов в организме, то есть с гипогликемией. Поэтому необходимо исследование уровня глюкозы в крови.

Магний (Mg), являясь внутриклеточным микроэлементом, участвует в более чем 300 ферментативных реакциях обмена веществ в организме, таких как гликолиз, обмен жиров и белков, гидролиз АТФ. Он участвует в стабилизации клеточных мембран и функционировании нервно-мышечной

системы, в иммунитете, в различных эндокринных функциях. Дефицит магния часто встречается у людей, подвергающихся чрезмерным психоэмоциональным воздействиям. При недостатке магния может возникнуть нервно-мышечная тетания.

Кальций (Ca) – микроэлемент, который играет определяющую роль в функционировании мышечной ткани, участвует в нервно-мышечной проводимости, механизме сердечного автоматизма, регуляции обмена в костной ткани. Ca регулирует процесс свёртываемости крови, участвует в окислительно-восстановительных процессах, утилизации железа, защите клеток от окислительного повреждения. Гипокальциемия (сниженный уровень кальция в сыворотке крови) приводит к появлению онемения, покалывания в мышцах, судорогам. Увеличенный уровень кальция в течение длительного времени проявляется гипотонией, сонливостью, рвотой. Длительная гиперкальциемия может приводить к отложению Ca в кровеносных сосудах, соединительной ткани и вокруг суставов. Кроме того, избыток Ca в крови может привести к дефициту фосфора и цинка.

Фосфор (P) является элементом, которым богаты все клетки. Он принимает участие во всех метаболических процессах, являясь основным элементом энергетического метаболизма. Фосфор тесно связан в обмене с кальцием и играет важную роль в обмене костной ткани. Это биогенный элемент, который особенно необходим в деятельности головного мозга, скелетных и сердечной мышц. Недостаток данного элемента может сказаться на уровне КФК в сыворотке крови (повышении), и последующего патологического изменения в мышцах (миопатия и кардиомиопатия).

Железо (Fe) является постоянной составной частью гема гемоглобина и окислительно-восстановительных ферментов митохондрий. Концентрация железа в сыворотке зависит от его резорбции в желудочно-кишечном тракте, накоплении в кишечнике, селезенке, костном мозге, синтезе и распаде гемоглобина и его потере организмом. Нельзя допускать длительного

дефицита железа, так как при его недостатке могут возникнуть иммунодефицитные состояния. Прием препаратов железа (при стимуляции эритропоэза) должен вестись осторожно, так как его избыток оказывает токсическое действие на печень.

Холестерин и его фракции являются важными показателями липидного метаболизма. Отклонение показателей от нормы дает важную информация о риске возникновения атеросклероза.

Исследование содержания гемоглобина в капиллярной крови, позволяет оценить степень изменения кислородной и буферной емкости крови под влиянием физических нагрузок.

Мочевина крови является основным конечным продуктом катаболизма белка. По содержанию мочевины в крови можно судить о скорости распада белка в организме после физических нагрузок и о скорости восстановительных процессов.

Креатинфосфокиназа (КФК) - фермент, определяющий интенсивность энергетического обмена мышечной, нервной и других тканей. КФК расщепляет креатинфосфат при участии АДФ с образованием креатина и АТФ. В сыворотке крови он появляется в больших количествах в случае механического повреждения клеточной оболочки.

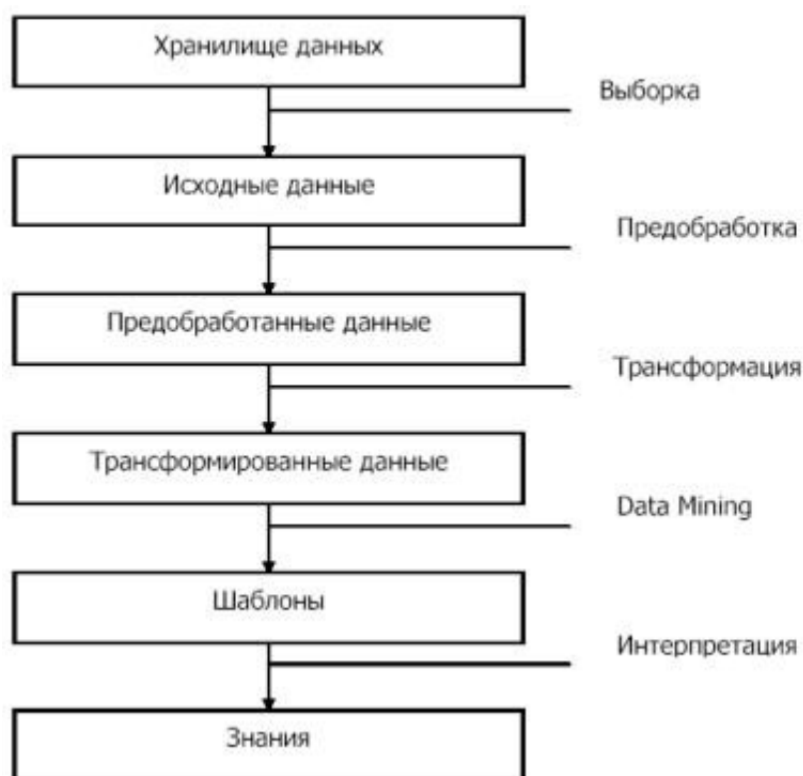
Молочная кислота – конечный продукт гликолиза. Уровень молочной кислоты в крови позволяет судить о соотношении процессов аэробного окисления и анаэробного гликолиза. Усиление последнего в работающих мышцах приводит к повышению содержания молочной кислоты в крови. При интенсивной мышечной деятельности содержание молочной кислоты значительно возрастает (до 200 и более мг%). Переключение организма во время мышечной деятельности с анаэробного гликолиза на аэробное окисление сопровождается понижением уровня молочной кислоты. В период отдыха после работы изменение содержания молочной кислоты в крови характеризует быстроту восстановления работоспособности. Содержание

молочной кислоты в крови спортсменов при физических нагрузках может служить интегральным показателем активации анаэробных энергетических процессов, что позволяет оценить режим работы спортсмена по зонам относительной мощности.

### **3.16 Система управления получением и преобразованием медико-биологической информации**

Исторически в процессах подготовки спортсменов использовались различные вспомогательные методы - от упрощенного метода обработки «промерных карт» до программно-аппаратных комплексов анализа биомеханической структуры физических действий, т.е. вычислительная техника вначале использовалась при обработке большого объема экспериментальных данных в статистическом и биомеханическом анализе. Следует отметить, что с начала использования информационных технологий для решения специфических задач для спорта в ЭВМ видели не только машину для выполнения вычислений большого объема, но и как компьютерное моделирование (рисунок 1).

Первоначально этот метод был использован для решения задач биомеханики физических упражнений и спорта. Затем компьютерное моделирование было применено для обучения физическим упражнениям школьников, начинающих гимнастов и спортсменов высокого класса. Использование компьютерного моделирования позволило перейти от простейшей математической модели аэробной физической подготовки мужчин к имитационному моделированию адаптационных процессов, происходящих в организме спортсмена под влиянием тренировки.



**Рисунок 1.** Схема управления преобразования данных

Активное внедрение вычислительной техники в учебный процесс в области физической культуры и спорта стало осуществляться со второй половины 80-х годов. Было показано, что вычислительные комплексы, оснащенные современным ЭВМ, обладают техническим потенциалом, во много раз превосходящим все технические средства обучения, применяемые в учебном процессе вузов до настоящего времени. Накопленный опыт использования в спортивной практике автоматизированных обучающих систем показал повышенный интерес студентов к ведению диалога с ЭВМ, их высокую активность, глубокое усвоение материала, возможности объективного контроля знаний, отсутствие утомления при работе с компьютером.

Одним из направлений использования информационных технологий в подготовке спортсменов высокой квалификации является оценка их функционального состояния.

От экспресс-анализатора электрокардиограмм до систем автоматического анализа функционального состояния спортсменов. Сбор информации о функционировании сердечно-сосудистой системы спортсменов

на различных этапах спортивного совершенствования и подготовка полученных результатов к машинной обработке с целью управления спортивной тренировкой – процесс трудоемкий и требует значительного количества времени и обслуживающего персонала. Автоматизация сбора и обработки медико-биологической информации может решить эти проблемы. Примером такой инновационной технологии может быть «Омега-С» – в основу метода положена новая информационная технология анализа биоритмологических процессов, протекающих в организме атлета. При создании системы использованы новейшие достижения в области физиологии и спортивной медицины, при этом, для оценки функционального и физического состояния профессиональных спортсменов предложены новые высокоинформативные показатели.

В режиме экспресс-контроля определяют:

- уровень адаптации спортсменов к физическим нагрузкам;
- степень тренированности спортсмена;
- уровень энергетического обеспечения физических нагрузок;
- текущее психоэмоциональное состояние спортсмена;
- интегральный показатель «спортивной формы».

В режиме динамического наблюдения контролировать изменения показателей физического состояния спортсменов:

- в подготовительном периоде;
- в соревновательный период;
- в период реабилитации после спортивных травм.

В режиме биологической обратной связи осуществлять управление ритмом дыхания с целью повышения анаэробного порога и достижения «допингового эффекта».

Использование метода экспертных технологий в планировании подготовленности спортсменов позволяет решать задачи планирования и управления тренировочным процессом с учетом норм нагрузки, подготовленности, индивидуальных особенностей, а также закономерностей,



отражающих сочетания упражнений, тренировочных работ различной направленности, различных типов тренировок и др. Это не просто повышает качество управления тренировочным процессом, а позволяет осуществить его на принципиально другом уровне.

Комплексная научная группа создается в рамках группы родственных видов спорта или по отдельным видам спорта. Она проводит непосредственную практическую работу в этих коллективах. Их состав по направлениям и числу специалистов определенных исходя из заказов, выдвигаемых спортивными федерациями и Олимпийским комитетом страны. участвует в разработке и внедрении в практику подготовки сборных команд средств и методов совершенствования физической, технико- тактической, психологической и функциональной подготовки и методам контроля за их уровнем и динамикой;

Участвует в разработке методов комплексного контроля, определяя содержание обследований соревновательной деятельности (ОСД), этапных комплексных обследований (ЭКО) и текущих обследований (ТО); осуществляет контроль за их уровнем и динамикой;

- анализирует выполнение планов подготовки в сопоставлении с достигнутыми результатами, индивидуальными и групповыми модельными характеристиками;
- разрабатывает и внедряет рекомендации по рациональному сочетанию тренировочных, соревновательных нагрузок и средств восстановления;
- проводит пропаганду научных знаний среди тренеров и спортсменов;
- представляет результаты проведения всех видов обследований тренерскому совету и спортивные федерации.

Должное обеспечение опережающих темпов развития спорта высших достижений в стране и ее олимпийской результативности достигается при рациональном сочетании поисковых и прикладных исследований с практикой работы в сборных командах.

В системе НМО серьезное значение принадлежит прикладным исследованиям (совершенствование парциальных и интегративных показателей уровня специальной физической, технико-тактической, психологической подготовки, а также применяемых средств и методов тренировки, планирования, управления т.н. «спортивной формой», восстановления и т.п.).

### **3.17 Комплексный алгоритм преобразования медико-биологической информации**

Алгоритм обследований по группам подготовленности спортсменов может выглядеть следующим образом:

*1 группа* – группа начальной подготовки. В первой группе спортсменов осуществляется врачебный осмотр, и ЭКО (раздел «Тестирование общей работоспособности»: антропометрическое обследование).

*2 группа* – учебно-тренировочная группа. Модуль обследования состоит из программ: диспансерного обследования, раздела тестирование общей работоспособности, ЭКО (раздел «Тестирование специальной работоспособности»: исследование скоростно-силового потенциала, антропометрическое обследование). Вместе с тем, в первой и второй группах определяется соответствие паспортного и биологического возраста. Специальными методами, в частности – дерматоглификой, проводится спортивный отбор с учетом генетического анамнеза, и намечаются пути спортивной ориентации.

*3 группа* – группа спортивного совершенствования. В данной группе спортсменов определяются показатели их физического развития, оцениваются адаптивная реакция спортсмена на тренировку и динамика лабильных компонентов массы тела. Кроме того, изучаются показатели специальной физической подготовленности (в соответствии со спецификой вида спорта) и оценивается уровень функциональной подготовленности в режиме экспресс-контроля. Изучаются показатели психической подготовленности.

Модуль состоит из программ:

УМО (в полном объеме),

ЭКО (раздел «Тестирование специальной работоспособности»: специальная, функциональная проба, исследования специальной скоростно-силовой подготовленности, исследования технической подготовленности, исследование психофункционального состояния);

ТО (антропометрическое обследования, исследования специальной скоростно-силовой подготовленности и специальной выносливости, исследования технической подготовленности, исследование психо-функционального состояния);

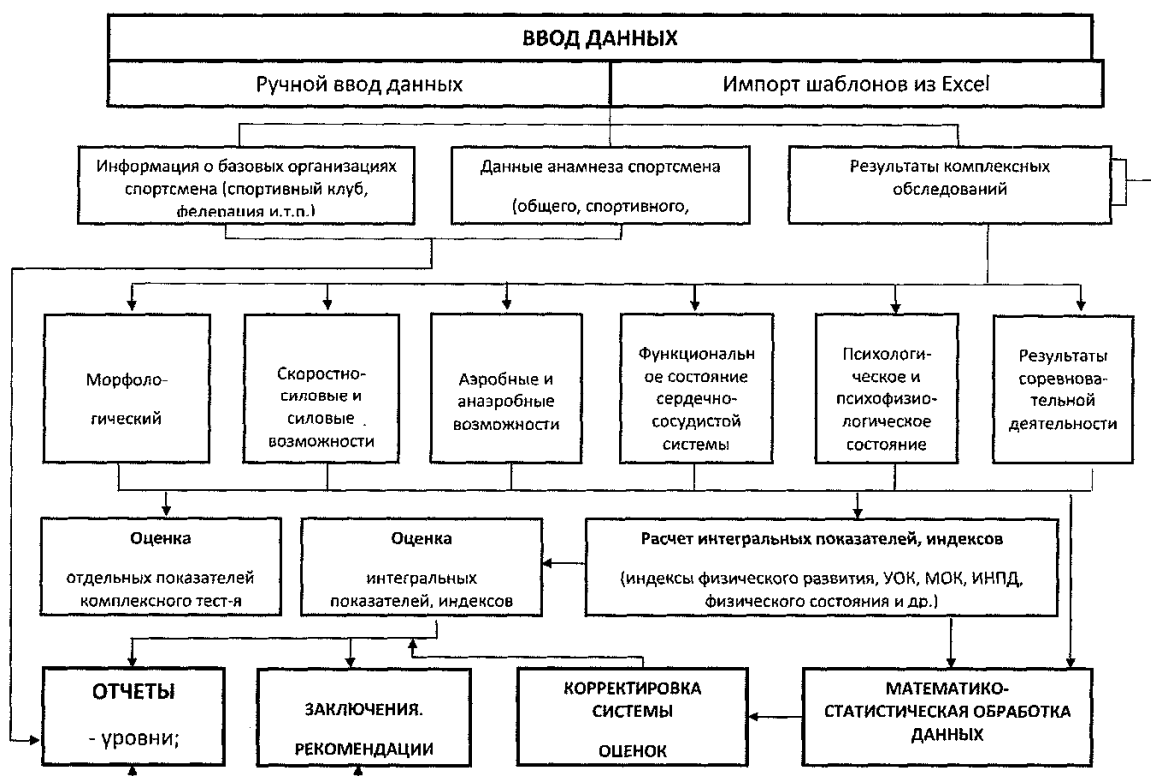
ОСД (исследования технико-тактической подготовленности).

*4 группа* – группа высшего спортивного мастерства. В этой группе оцениваются показатели физического развития спортсменов, адаптивная реакция спортсмена на тренировку – определение динамики лабильных компонентов массы тела. Определяются показатели специальной физической подготовленности (в соответствии со спецификой вида спорта). Модуль обследования включает: УМО, ТО, ОСД (в полном объеме), ЭКО (все разделы, исключая оценку общей работоспособности).

Обследования проводятся: в режиме динамического наблюдения за изменениями показателей физического состояния спортсменов в подготовительном периоде, в соревновательном периоде, в период реабилитации после спортивных травм; а также в режиме биологической обратной связи, осуществляя управление ритмом дыхания с целью повышения порога анаэробного обмена и достижения эффекта повышения работоспособности.

Показатели, получаемые в результате обследований, систематически регистрируются в единой электронной базе данных.

Блок-схема информационно-аналитической системы анализа медико-биологической информации и оценки эффективности технологий, используемых в спорте высших достижений, которая представлена на рис. 6.1.



**Рисунок 2.** Блок-схема информационно-аналитической системы оценки эффективности технологий, применяемых в спорте

Блок-схема предполагает наличие следующих основных разделов:

1. Раздел ввода информации предусматривает ввод данных о результатах комплексного тестирования (морфофункциональном статусе, физической подготовленности, работоспособности, состоянии кардиореспираторной системы и др. сведений), сведений о спортивной организации, которую представляет спортсмен, анамнеза.
2. Раздел вычисления индексов и интегральных показателей позволяет рассчитать различные антропометрические индексы, уровень физического состояния, индекс интенсивности накопления пульсового долга и др.
3. Раздел индивидуальных и групповых рейтингов позволяет представить отдельных обследуемых и группы спортсменов в определенной последовательности в зависимости от средней величины качественной оценки данных морфологического статуса, двигательной

- подготовленности, работоспособности, состояния сердечно-сосудистой системы и др. показателей, полученных в ходе обследований.
4. Раздел математико-статистической обработки предусматривает выполнение статистической обработки данных с определением отдельных статистических параметров, необходимых для научных выкладок. При вводе результатов исследований формируется база данных, позволяющая подвергать показатели многомерной статистической обработке статистическими пакетами типа «Statistica», которые позволят использовать различные сложные виды статистического анализа.
  5. Раздел корректировки нормативов оценки подготовленности, который будет позволять корректировать нормативы изучаемых показателей с учетом спортивных специализаций и квалификаций.
  6. Раздел мониторинга суммирует данные о динамике функционального состояния спортсменов в процессе их специфической деятельности. Предполагается, что в различных разделах базы данных накапливается и обрабатывается информация о морфологическом статусе, включая динамику мышечного и жирового компонентов тела; сердечно-сосудистой, дыхательной систем организма; физиологических характеристиках аэробной и анаэробной производительности; психологическом и психофизиологическом состоянии.
  7. Раздел отчетов и рекомендаций позволит систематизировать исследуемых спортсменов в зависимости от возраста, пола, квалификации, специализации и ряда других показателей и подготавливать отчеты о результатах обследований по вышеуказанным критериям по соотношению уровней физической работоспособности, двигательной подготовленности, морфофункционального развития, психологического и психофизиологического состояния. Для каждого обследуемого спортсмена предполагаются индивидуальные рекомендации по организации режима тренировочной деятельности с

учетом возраста, пола, уровня подготовленности и графика тренировочного процесса.

