

Б 75

С73

Министерство образования и науки Республики Казахстан  
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова

# СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ



Павлодар

825  
С.43

Министерство образования и науки Республики Казахстан

Павлодарский государственный университет  
им. С. Торайгырова

Гуманитарно-педагогический факультет

Кафедра «Физическая культура и спорта»

# **СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ**

Учебно-методическое пособие для студентов

Павлодар  
Кереку  
2017

УДК796.015(075)

ББК 75.1я73

С73

**Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом  
Павлодарского государственного университета  
им. С. Торайгырова**

**Рецензенты:**

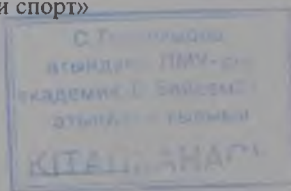
Ю. А. Мастобаев – канд. пед. наук, доцент;

Д. П. Мучкин – канд. пед. наук, доцент Павлодарского  
государственного педагогического института.

**Составители:** И. В. Батяшова, О. А. Кривец

С73 Спортивная метрология : учебно-методическое пособие / сост :  
И. В. Батяшова, О. А. Кривец. – Павлодар : Кереку, 2017. – 93 с.

В учебно-методическом пособии изложены метрологические основы современной теории педагогического контроля в физическом воспитании и спорте, математико-статистические методы и их применение для обработки и анализа результатов контроля и планирования учебно-тренировочного процесса. Материал изложенный в учебно-методических пособиях можно использовать на занятиях физической культурой и самостоятельных занятиях, как педагогам, так и студентам специальности 5В0108001 «Физическая культура и спорт»



УДК 796.015(075)  
ББК 75.1я73

© Батяшова И. В., Кривец О. А., 2017

© ПГУ им. С. Торайгырова, 2017

За достоверность материалов, грамматические и орфографические ошибки  
ответственность несут авторы и составитель

## Введение

Спортивная метрология, являясь частью общей метрологии (наука об измерениях), развивается как научная и учебная дисциплина. Её специфические задачи выходят за рамки общей метрологии. Так, в физическом воспитании и спорте, помимо обеспечения измерения физических величин, таких как длина, масса и т. д., подлежат измерению эргометрические, педагогические, технико-тактические, психологические, медико-биологические, социальные показатели, которые по своему содержанию не относятся к чисто физическим. В общей метрологии нет методик их измерений, что предопределило разработку специальных приёмов биометрии, результаты которых позволяют всесторонне, количественно изучать характер тренировочных воздействий, поведения и уровень подготовленности лиц, занимающихся физической культурой и спортом.

Особенностью спортивной метрологии является то, что в ней термин «измерение» трактуется в самом широком смысле слова, т. к. в спортивно-педагогической практике недостаточно измерить только физические величины, а порой требуется оценить отдельные компоненты технических, тактических действий, эстетическую выразительность, разные проявления красоты исполнительского мастерства спортсмена и многие другие характеристики и величины.

Контроль в физической культуре и спорте начинается с измерений, для этого нужно знать: что измерять, как измерять и какие измеряемые показатели являются наиболее информативными. Кроме того, нужно знать и уметь пользоваться методами математической статистики для обработки полученных результатов.

Изучаемыми величинами являются, как правило, варьирующие признаки. Например, с течением времени изменяется состояние физических качеств, психофизиологических и других функций, определяющих тренированность спортсмена. Изучение подобных закономерностей и установление связей позволяют тренеру-педагогу оценивать, например, адекватность тренировочных нагрузок, состояние подготовленности спортсмена и др.

Таким образом, предметами спортивной метрологии являются измерения и контроль в физическом воспитании и спорте. В современной теории и практике спорта измерения широко используются для решения самых разнообразных задач управления подготовкой спортсмена. Это может касаться изучения биомеханических параметров техники движения, физиологических и

биохимических основ обеспечения работоспособности, энергетической стоимости мышечной работы разной мощности, физического развития с целью профориентации, оценки психофункционального состояния спортсмена на разных этапах тренировочного процесса и прочего.

Систематический контроль спортсменов, их спортивной подготовленности и степени тренированности, позволяет определить меру стабильности характеристик спортивной формы и учитывать возможные отклонения от ее оптимального уровня. Информация, получаемая путем метрологических измерений, служит основой для всех последующих действий тренеров, научных и административных работников.

Основная цель учебно-методического пособия «Спортивная метрология» – приобрести знания, умения и навыки измерений, а также опыт анализа полученных результатов исследования в физическом воспитании и спорте. Только глубокие знания метрологических основ контроля в спорте, а также особенностей спортсмена как объекта наблюдения позволят наиболее точно измерять разные проявления его деятельности и состояния.

Настоящее учебно-методическое пособие содержит современные научно-методические сведения, внедрение которых в учебный и учебно-тренировочный процесс будет способствовать повышению качества образования в сфере физической культуры и спорта, а также улучшению технологии подготовки квалифицированных спортсменов, совершенствованию системы физической реабилитации и рекреации.

## 1 Теоретические основы спортивной метрологии

Слово «метрология» в переводе с древнегреческого означает «наука об измерениях» (метрон – мера, логос – слово, наука). Основной задачей общей метрологии является обеспечение единства и точности измерений. Спортивная метрология как научная дисциплина представляет собой часть общей метрологии. К ее основным задачам относятся:

- разработка новых средств и методов измерений;
- регистрация изменений состояния занимающихся под влиянием раз личных физических нагрузок;
- сбор массовых данных, формирование систем оценок и норм, проверка полученных результатов на достоверность при том или ином уровне значимости;
- обработка полученных результатов измерений с целью организации эффективного контроля и управления учебно-тренировочным процессом;
- прогноз спортивных результатов.

Как и всякая живая система, спортсмен является сложным объектом измерения. Основными измеряемыми и контролируемыми параметрами спортсмена на разных этапах тренировки являются морфофизиологические, биохимические, психологические, технико-тактические характеристики и физические качества (выносливость, быстрота, сила, гибкость и ловкость). Планирование и проведение измерений всех этих параметров должно основываться на знании некоторых свойств функциональной системы, к числу которой относится организм спортсмена. Основными свойствами живой системы являются:

- а) изменчивость;
- б) подвижность;
- в) нелинейность;
- г) адаптивность;
- д) неполная наблюдаемость;
- е) многомерность.

Изменчивость – непостоянство переменных величин, характеризующих состояние спортсмена и его деятельность. Все показатели спортсмена (физиологические, морфометрические, биомеханические, энергетические, психофизиологические и т. п.) изменяются во времени. Это делает необходимым проведение многократных измерений с последующей обработкой их результатов методами вариационной статистики. Например, для получения

наиболее объективных результатов тестирования в прыжках в длину с места необходимо провести несколько попыток, из которых рассчитывается средняя арифметическая величина.

Подвижность – подчинённость функций организма хронобиологическим закономерностям, т. е. биоритмам. Это проявляется, например, в изменении суточной кривой физической работоспособности; смещении биоритма функций организма спортсмена при его перемещении (самолетом или поездом) в другой временной пояс. Данное свойство важно учитывать, в частности, при планировании повторных (динамических) исследований, соблюдая единое время суток проведения измерений.

Нелинейность – особенность живой системы нелинейно отвечать на раздражители. В частности, с увеличением мышечной нагрузки физиологические функции организма спортсмена изменяются неадекватно её нарастанию, гетерохронно и гетерогенно. Отсюда, во-первых, постоянное увеличение объёма и интенсивности тренировочных нагрузок не может давать положительный тренировочный эффект, вызывая перенапряжение функций; во-вторых, при тестовых физических нагрузках даже с постоянной мощностью необходимо проводить динамические измерения тех или иных функций, поскольку их активация не будет линейна функции времени и мощности.

Адаптивность – свойство организма человека приспосабливаться (адаптироваться) к изменяющимся условиям окружающей среды. При этом организм не приспосабливается к экстремальным факторам среды. Адаптивность лежит в основе повышения тренированности организма в результате суммации срочных тренировочных эффектов, а также в повышении устойчивости организма к относительно низким, высоким температурам среды, гипобарической (высокогорной) гипоксии и эмоциональным напряжениям.

Неполная наблюдаемость, или качественность, проявляется в отсутствии точной количественной меры измерения. Так, практически все физические качества (сила, быстрота, ловкость, работоспособность), техническая и тактическая подготовленность, красота исполнительского мастерства, психологические свойства личности спортсмена и другие факторы обеспечения спортивного результата не имеют своей единицы измерения, и, значит, не могут быть измерены как-либо точно. На практике для измерения этих качеств используются косвенные показатели. Ровно так же, как мы до сих пор измеряем и оцениваем деятельность мозга и сердца по биоэлектрической активности. Поэтому для оценки одного и того же



качества спортсмена требуется прибегать к ряду косвенных признаков и тестов, и только на их основе более или менее можно делать соответствующие заключения.

Многомерность – большое число переменных, характеризующих состояние системы (выходные) и изменяющих её состояние (входные). В качестве выходных переменных состояния тренированности спортсмена, в общем представлении, могут выступать физическая, техническая, тактическая, психологическая и теоретическая подготовленности и их составляющие. При детальном же рассмотрении, например, выносливости обнаруживаются разные её проявления – общая, специальная, силовая, статическая, скоростная и другие. Понятно, чем большее число качественно разных переменных измеряется, тем полнее будет оценка разносторонности состояния спортсмена и возможность более эффективного управления данной системой. Однако при большом количестве численных значений и фактов возникают трудности в интерпретации данных, поэтому одной из задач спортивной метрологии является стремление уменьшить число измеряемых переменных за счёт тщательного «отбора» из их общего массива существенных переменных.

Важнейшим понятием является понятие переменная. Переменная – величина, характеризующая систему и принимающая в каждый момент времени определённое значение. Для примера упомянем о системе кислородного обеспечения организма человека, переменными которой служат потребление кислорода, артериовенозная разница по кислороду, минутный объём кровообращения и т. п. Другой пример – движения спортсмена. К переменным этой системы относятся кинематические и динамические характеристики движения.

Принято различать входные и выходные переменные. К числу входных переменных, изменяющих состояние системы, относят влияние внешних факторов (температура, влажность, барометрическое давление, мышечная нагрузка, психологические воздействия, питание и т. п.) среды.

Входные переменные подразделяются на:

- а) контролируемые и управляемые;
- б) контролируемые и неуправляемые;
- в) неконтролируемые и неуправляемые.

Выходные переменные характеризуют состояние системы (параметры деятельности физиологических систем, кинематические и динамические характеристики движения, результаты тестирований и т. п.). По своей информативности и важности эти переменные делятся на:



- а) существенные;
- б) несущественные.

Существенными переменными называются жизненно важные показатели системы, от которых зависит её существование.

Несущественные переменные – это показатели менее важные, второстепенные, не оказывающие решающего влияния на эффективность работы системы. Включение тех или иных переменных в число существенных зависит от конкретной цели исследования. Например, при оценке функционального состояния стайера измеряют производительность систем кровообращения и дыхания, потребление кислорода и другие показатели, характеризующие выносливость. Если же исследуется спринтер, то в центре внимания оказываются его психофизиологические показатели, определяющие скоростные навыки, способность к «взрывным» действиям, анаэробные возможности организма. В том и другом случае к несущественным переменным можно отнести показатели технико-тактических действий.

Оценив физическую, техническую, психологическую и тактическую подготовленность спортсмена, можно судить об уровне его тренированности на сегодняшний день. Однако задача тренера состоит не только в том, чтобы определить функциональное состояние своего воспитанника. Задача тренера – подготовить спортсмена высокого класса или, говоря языком теории систем, перевести данную систему (спортсмена) в определённое, наперёд заданное состояние. Эта задача известна в теории систем как задача об управлении системой. Таким образом, управлением называется целенаправленное изменение состояния системы.

Цель управления – переместить систему в желаемое состояние (например, в высокий уровень мастерства спортсмена или из состояния низкой тренированности перевести систему в состояние высокой тренированности).

Управление процессом подготовки спортсменов включает в себя пять стадий:

- 1) сбор информации о спортсмене, а также о среде, в которой он живет, тренируется и соревнуется;
- 2) анализ полученной информации;
- 3) принятие решений о стратегии подготовки и составление программ и планов подготовки;
- 4) реализация программ и планов подготовки;

5) контроль за ходом реализации, внесение необходимых коррекций в документы планирования и составление новых программ и планов.

Перевод объекта из одного состояния в другое осуществляется с помощью воздействий. В подготовке спортсменов к ним следует отнести выполнение различных упражнений, а также использование некоторых других факторов – внешней среды (например, условий среднегорья), специального питания и т.п. Эффективность воздействий, а следовательно, и эффективность управления тренировочным процессом обуславливается тем, насколько реальные изменения подготовленности спортсменов соответствуют запланированным тренером. Оценить эти изменения можно по многим показателям, но на практике используются наиболее существенные, или информативные.

Спортивная тренировка, так же как и физическое воспитание, представляет собой процесс управления. В каждый момент времени человек находится в определённом физическом состоянии, которое определяют как минимум здоровье, телосложение, состояние физиологических функций, технико-тактическая подготовленность, уровень двигательных (физических) качеств.

Понятно, что физическое состояние, которое достигает человек под влиянием условий жизни, обычно далеко от желаемого. Ибо каждый вид спорта требует определённого состояния физиологических функций, их возможностей и резервов, уровня физических качеств, технического и тактического мастерства, психологической подготовленности. Поэтому не случайно, что специализированная мышечная тренировка направлена на формирование и совершенствование определённых свойств и качеств организма спортсмена. Построив тренировочный процесс соответствующим образом, можно повысить уровень одного или нескольких качеств, т. е. можно управлять состоянием человека.

В спортивной тренировке цель управления – стойкое улучшение физического состояния, выражающееся в повышении спортивных результатов.

Сложность управления в спортивной тренировке заключается в том, что мы не можем непосредственно управлять изменением спортивных результатов. Например, мы не в состоянии каким-либо прямым способом повысить у спортсмена силу или выносливость. Это можно сделать только опосредствованно. Фактически тренер-педагог управляет лишь действиями (поведением) спортсмена: он задаёт ему определённую программу упражнений (тренировочную нагрузку) и

добивается её правильного выполнения, в частности правильной техники движения.

Те изменения в организме, которые наступают во время выполнения физических упражнений и сразу после их завершения, называются срочным тренировочным эффектом. Из-за наступающего утомления он обычно связан со снижением работоспособности. Те изменения в организме, которые происходят в результате суммирования следов многих тренировочных занятий, называются кумулятивным тренировочным эффектом. При правильно организованном процессе тренировки этот эффект выражается в повышении работоспособности и спортивных результатов.

Таким образом, в спортивной тренировке можно представить следующую последовательность причин и следствий: действия спортсмена (поведение) → срочный эффект → кумулятивный эффект.

Воздействуя на начальное звено этой цепи (поведение), мы хотим добиться желаемого результата в конечном (кумулятивном) эффекте.

Справедливо ввести оговорку, что приведённая схема несколько упрощена, поскольку поведением спортсмена управляет не тренер, а сам спортсмен. Тренер даёт ему указания, которые он может выполнить, а может и не выполнить с требуемой точностью. Поэтому специфика управления в спортивной тренировке заключается в том, что мы пытаемся воздействовать на организм спортсмена. Реакции этой системы определяются её собственными законами. При этом из-за очень больших индивидуальных и временных различий в состоянии спортсменов мы не можем быть уверены в том, что, применяя одно и то же воздействие, получим одну и ту же ответную реакцию. Одинаковая тренировочная нагрузка может вызвать разный тренировочный эффект. В связи с чем актуален вопрос об обратных связях (контроле).

Чтобы управлять тренировочным процессом не «вслепую», нужно получить информацию о ходе и результатах выполнения тренировочных и соревновательных упражнений, состоянии спортсмена, окружающих условиях.

Сбор обратной информации о состоянии объекта управления и сравнение его действительного состояния с должным называется контролем. Принято различать, как минимум, четыре разных направления в педагогическом контроле:

1) сведения, получаемые от спортсмена (самочувствие, отношение к происходящему, настроение и т. п.);

2) сведения о поведении спортсмена (какие тренировочные занятия выполнены, как это сделано, ошибки в технике и т. п.);

3) данные о срочном тренировочном эффекте (величина и характер тренировочных сдвигов под влиянием однократной физической нагрузки);

4) сведения о кумулятивном тренировочном эффекте (изменения функциональных резервных возможностей организма, технико-тактической подготовленности и т. п.).

Схема управления тренировкой приобретает тогда следующий вид, который представлен на рисунке 1.

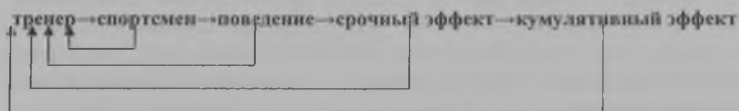


Рисунок 1 – Схема управления тренировкой

Следует иметь в виду, что данная схема отражает лишь принципиальную сторону вопроса. Контроль за спортивной тренировкой – это активное добывание, хранение, анализ и оценивание такой информации, которая позволяет обоснованно судить об организации, материально-техническом обеспечении, медицинской, научной, воспитательной сторонах, ходе и результатах подготовки спортсмена.

Контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им. Нужно ещё знать, что и как измерять, уметь выбирать информативные (существенные) показатели системы, грамотно использовать математический аппарат обработки информации и уметь интерпретировать результаты исследования.

### 1.1 Общие основы измерений

В спортивной науке и практике используются почти все существующие виды и методы измерений (радиоэлектронные, оптоэлектронные, биофизические, биохимические, ультразвуковые, лазерные, морфометрические, гистологические, генетические и др.). Они используются для решения самых разнообразных задач комплексного контроля, отбора, прогнозирования, управления процессом подготовки спортсменов, а также занимающихся массовыми формами физической культуры и профессионально-прикладной физической подготовкой.

Измерения различают:

- а) по способу получения информации;
- б) по характеру измеряемой величины;
- в) по количеству измерительной информации;
- г) по отношению к единицам измерения.

По способу получения информации измерения разделяют на:

- а) прямые;
- б) косвенные;
- в) совместные.

Прямые измерения – это непосредственное выражение физической величины её мерой. Например, при определении длины сегмента тела по фотограмме линейкой происходит выражение искомой величины (количественного выражения значения длины) линейной мерой.

Косвенные измерения заключаются в определении искомого значения величины по результатам прямых измерений таких величин, которые связаны с искомой определённой зависимостью. Так, если измерить массу поднимаемой штанги, высоту на которую она поднимается и частоту подъёмов в минуту, то по известной функциональной зависимости можно рассчитать мощность.

Совместные измерения включают измерение двух и более неоднородных физических величин для определения зависимости между ними.

По характеру изменения измеряемой величины различают:

- а) статистические;
- б) динамические;
- в) статические.

Статистические измерения связаны с определением числовых характеристик случайных процессов, например вариабельность ритма сердца и т. п.

Динамические измерения связаны с такими величинами, которые претерпевают те или иные изменения, как, например, динамика частоты сердечных сокращений при мышечной работе.

Статические измерения имеют место при относительном постоянстве измеряемой величины, например местоположение центра масс тела человека в положении стоя.

По количеству измерительной информации различают:

- а) однократные измерения;
- б) многократные измерения.

Однократные измерения – это одно измерение данной величины, т. е. число измерений равно числу измеряемых величин. При таком измерении часто могут возникать погрешности, особенно если данный

признак обладает свойством высокой variability (нестабильности), поэтому следует проводить не менее трёх однократных измерений и находить конечный результат в виде среднего арифметического значения.

Многokратные измерения характеризуются превышением числа измерений количества измеряемых величин. Преимущество таких измерений заключается в значительном снижении влияний случайных факторов на погрешность измерения.

## 1.2 Шкалы измерений

Шкала – ( от лат. скале – лестница ) – элемент счетной системы, посредством которого происходит отнесение исследуемого объекта к определенной группе объектов.

Промежуток между соседними отметками шкалы называется делением шкалы. Цена шкалы – это значение измеряемой величины, соответствующее расстоянию между двумя соседними делениями шкалы. Установление цены шкалы осуществляется путем тарирования.

В спортивной практике наибольшее распространение получили четыре шкалы измерений, каждая из них специфична, имеет своё практическое приложение, способ и принцип измерения, свой набор математических процедур.

Таблица 1– Шкалы измерений

Шкала	Основные принципы	Методы статистики	Примеры
Наименований	Установление равенства	число случаев, мода, корреляция	нумерация спортсменов в команде; результаты жеребьёвки
Порядка	Установление соотношений «больше» или «меньше»	медиана, ранговая корреляция, ранговые критерии, проверка гипотез	место, занятое на соревнованиях; результаты ранжирования спортсменов группой экспертов; оценка мастерства в баллах



Продолжение таблицы 1

Шкала	Основные принципы	Методы статистики	Примеры
Интервалов	Установление равенства интервалов	среднее, стандартное отклонение, корреляция	календарные даты; суставной угол
Отношений	Установление равенства отношений	коэффициент вариации, среднее геометрическое	длина, сила, масса, скорость и т. п.

Шкала наименований (номинальная – от лат. имя). Номинальное измерение – присвоение обозначения или обозначений. Это своего рода качественная, а не количественная шкала, она не содержит нуля и единиц измерений. При номинальных измерениях используется исключительно та особенность чисел, что 1 отличается от 2 или 4 и что если предмет А имеет 1, а предмет В – 4, то А и В различаются в отношении измеряемого свойства. Отсюда вовсе не следует, что в «В» содержится больше свойства, чем в «А».

Таким образом, шкала наименований служит для обнаружения и различения изучаемых объектов за счёт введения и присвоения ярлыков. Для удобства контроля за объектами ярлыки выражаются через числа. Например, нумерация игроков в баскетболе, футболе и т. п. Здесь цифровые значения не имеют строгого порядка и могут меняться местами. В шкале наименований нет отношений типа «больше-меньше», но это не значит, что её нельзя считать шкалой измерения. Имея некоторые ограничения в использовании, шкала наименований не заменима, например, при подсчёте частоты технических (или других) действий каждым спортсменом за период соревнования (тайма, матча и т. п.).

Шкала порядка называется ранговой, или не метрической. Шкала измерения может не иметь одинаковых интервалов между рангами. Она позволяет установить равенство или неравенство измеряемых объектов, а также определить характер неравенства в виде суждений: «больше-меньше», «лучше-хуже» и т. п. С помощью шкалы порядка можно измерять не только количественные, но и качественные показатели в баллах. Наибольшее распространение эти шкалы получили в педагогике, психологии, социологии.

Шкала порядка характеризует значение измеряемой величины в баллах. Порядковые измерения возможны тогда, когда измеряющий



может обнаружить в предметах различие степеней признака или свойства. В этом случае используется свойство «упорядоченности» чисел, и числа приписываются предметам таким образом, что если число, присвоенное предмету А, больше числа, присвоенного В, то это значит, что в А содержится больше данного свойства, чем в В.

В спортивной практике шкала порядка применяется для установления занятого места в соревнованиях, при оценке физической подготовленности, предпочтений технических и тактических действий спортсменом, используя ранговые критерии.

Шкала интервалов (разностей) имеет условные нулевые значения, а интервалы устанавливаются по согласованию. Такими шкалами являются шкала времени и шкала длины. Шкала интервалов отличается строгой упорядоченностью чисел и определёнными интервалами между рангами. Интервальное измерение возможно, когда измеритель способен определить не только количество свойства в предметах, но также фиксировать равные различия между предметами. Для интервального измерения устанавливается единица измерения (градус, метр, сантиметр, грамм и т. д.). В этой шкале нулевая точка выбирается произвольно. Например, при измерении угла в суставе точкой отсчёта может быть нуль или любое начальное значение в градусах, так же как при измерении температуры, потенциальной энергии поднятого груза может произвольно определяться начальная точка.

Шкала отношений отличается строгой определённой нулевой точки. Здесь нулевая точка не произвольна, а указывает на полное отсутствие измеряемого свойства. Измеритель может заметить отсутствие свойства и имеет единицу измерения, позволяющую регистрировать различающиеся значения признака. Равные различия чисел, присвоенные при измерении, отражают равные различия в количестве свойства, которым обладают оцениваемые предметы. Кроме того, раз нулевая точка не произвольна, а абсолютна, то не лишено смысла утверждение, что у А в два, три или четыре раза больше свойства, чем у В.

В спорте по этой шкале измеряют расстояние, силу, скорость и многие другие переменные. Универсальность шкалы отношений заключается в возможности измерения разности чисел, отсчитанных по шкале интервалов. Измеряя какую-либо величину, можно определить её отношение к соответствующей единице измерения (например, отношение массы штанги к массе тела, длины прыжка к длине сегмента тела и т. п.).

### 1.3 Единицы измерений

Чтобы сравнить результаты измерения, необходимо выразить их в одних и тех же единицах. Международная система единиц – СИ (от начальных слов System International)- эта система в настоящее время включает семь независимых друг от друга основных единиц, из которых в качестве производных выводят (путём арифметических действий) единицы остальных физических величин. Например, единица длины (метр) и единица времени (секунда) – основные единицы, а единица скорости (метр в секунду) – производная.

Все производные величины имеют свои размерности. Размерностью называется выражение, связывающее производную величину с основными величинами системы при равном единиче коэффициенте пропорциональности. Например, размерность длины –  $L$ , размерность времени –  $T$ ; отсюда размерность скорости равна  $L/T = L \cdot T^{-1}$ , а размерность ускорения –  $L \cdot T^{-2}$ .

Помимо единиц измерения, входящих в систему СИ, есть также внесистемные единицы (час, минута, лошадиная сила, калория и др.), которые часто применяются для удобства. Эти единицы измерения могут быть построены из основных единиц системы (построенных по десятичному принципу) или вообще не иметь связей с единицами установленных систем (например, калория, миллиметры ртутного столба и др.).

Система единиц СИ

Основные единицы

1) длина – метр (м). Метр – длина, равная 1650763,73 длины волны изотопа криптона (86кч)

1 дюйм = 2,54 см

1 фут = 30,48 см

2) масса – килограмм (кг).

Килограмм равен массе цилиндрической гири из платино-иридиевого сплава 1 фунт = 0,454 кг

Производные единицы

1) площадь – квадратные метры ( $m^2$ ).

Двухмерная мера длины

1 фут<sup>2</sup> = 0,0929  $m^2$

1 акр = 0,4047 гектара (га)

2) объём – кубические метры ( $m^3$ ). Трёхмерная мера длины. Хотя литр не является единицей системы СИ, объём часто измеряют в литрах (л)

1 мл  $H_2O = 1 \text{ см}^3$

$$1 \text{ л} = 0,001 \text{ м}^3$$

3) плотность – килограмм • кубические метры – 1 (кг • м<sup>3</sup>). Масса на единицу объёма

4) энергия, работа – джоуль (Дж).

Энергия – способность выполнять работу; работа характеризует приложение силы на определённом расстоянии.

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$1 \text{ ккал} = 4,183 \text{ кДж}$$

$$1 \text{ кпм} = 9,807 \text{ Дж}$$

5) сила – ньютон (Н). Один ньютон – сила, сообщаящая телу массой 1 кг ускорение

$1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$  в направлении действия силы.

$$1 \text{ Н} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$$

$$1 \text{ кг} - \text{силы} = 9,81 \text{ Н}$$

$$1 \text{ фунт} - \text{силы} = 4,45 \text{ Н}$$

6) мощность – ватт (Вт)

Совершенствование методов измерений в спорте всегда связано с введением новых единиц измерения. Так, точность измерения выносливости значительно повысилась с тех пор, как техника газового анализа выдыхаемого воздуха стала общедоступной и аэробные возможности спортсмена начали оценивать величиной максимального потребления кислорода в пересчёте на массу тела (мл/кг • мин<sup>-1</sup>).

## 1.4 Точность измерений

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно, всегда содержится та или иная погрешность. Чем точнее метод измерения и измерительный прибор, тем меньше величина погрешности.

Виды погрешностей, которые необходимо учитывать при измерении в спорте:

- основная и дополнительная;
- абсолютная и относительная;
- систематическая и случайная.

Основная погрешность связана с методом измерения или измерительного прибора, которая имеет место в нормальных условиях их применения. Например, точность измерения прыжка в длину с помощью метра или рулетки, точность измерения времени пробегания короткой дистанции с помощью разных (механического или электронного) секундомеров будет не одинаковой, что обуславливается точностью самого средства измерения. Эта

№21831/17

КИТАЙХАНАСЬ

погрешность, как правило, указана в инструкции измерительного прибора.

Дополнительная погрешность вызвана отклонением условий работы измерительной системы от нормальных. Например, при существенных колебаниях (выше нормы) электрического напряжения в сети может возникать погрешность измерения. Другой пример – прибор, предназначенный для работы при комнатной температуре, будет давать неточные показания, если пользоваться им в условиях низких или высоких внешних температур. К дополнительным погрешностям относится и так называемая динамическая погрешность, обусловленная инерционностью измерительного прибора и возникающая в тех случаях, когда измеряемая величина колеблется выше технических возможностей регистрирующего устройства. Например, некоторые пульсотаксометры рассчитаны на измерение средних величин частоты сердечных сокращений и не способны улавливать непродолжительные отклонения частоты от среднего уровня.

Величины основной и дополнительной погрешности могут быть представлены в абсолютных и относительных единицах.

Абсолютная погрешность равна разности между показанием измерительного прибора ( $A$ ) и истинным значением измеряемой величины ( $A_0$ )

$$\Delta A = A - A_0.$$

Она измеряется в тех же единицах, что и измеряемая величина.

Относительной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины

$$\Delta A \% = \Delta A / A_0 \cdot 100 \%.$$

Поскольку относительная погрешность измеряется в процентах, то знак абсолютной погрешности не учитывается.

Систематическая погрешность – это величина, которая не меняется от измерения к измерению. Поэтому она часто может быть заранее предсказана или, в крайнем случае, обнаружена и устранена по окончании процесса измерения. Определение систематической погрешности измерения возможно следующими способами:

- тарировка;
- калибровка измерительной аппаратуры;

- рандомизация.

Тарированием называется проверка показаний измерительных приборов путём сравнения с показаниями образцовых значений мер (эталонов) во всём диапазоне измеряемой величины.

Калибровкой называется определение погрешностей или поправка для совокупности мер. При тарировке и калибровке ко входу измерительной системы подключается источник эталонного сигнала известной величины. Например, процедура проверки чувствительности усилителя заключается в записи и регулировке амплитуды ответов каналов на подаваемое на вход напряжение, впоследствии сопоставляемое с амплитудой регистрируемых физиологических параметров. Другой пример – процедура проверки скорости движения бумаги на регистрирующем приборе с помощью счётчика времени.

Рандомизацией (от англ. random – случайный) называется превращение систематической погрешности в случайную. По методу рандомизации измерение изучаемой величины производится несколько раз (например, многократные исследования физической работоспособности разными способами дозирования нагрузки). По окончании всех измерений их результаты усредняются по правилам математической статистики.

Случайные погрешности неустранимы и возникают под действием разнообразных факторов, которые сложно заранее предсказать и учесть. Единственно, с помощью методов математической статистики можно оценить величину случайной погрешности и учесть её при интерпретации результатов измерения.

На качество измерений в спорте оказывают влияние множество переменных факторов: гелиогеофизические, биологические (внешние и внутренние), генетические, психологические, социально-экономические и мн. др.

Эксперт, или экспериментатор, вносит в процесс измерения элемент субъективизма, который по возможности должен быть уменьшен. Он зависит от квалификации экспериментатора, его психофизиологического состояния, соблюдения эргономических требований при измерениях. Как правило, к измерениям допускаются лица, прошедшие специальную подготовку, имеющие соответствующие знания, умения и практические навыки.

К числу влияющих факторов относятся также условия измерений. Сюда входят температура окружающей среды, влажность, атмосферное давление, электрические и магнитные поля, напряжение в сети питания, тряска, вибрация и др.



Приведённые классификации далеко не исчерпывают всего многообразия факторов, влияющих на результат измерения.

### 1.5 Некоторые методы вариационной статистики

Математическая статистика – наука о математических методах систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов. Во многих своих разделах математическая статистика опирается на теорию вероятностей, позволяющую оценить надёжность и точность выводов, делаемых на основании ограниченного статистического материала (например, оценить необходимый объём выборки для получения результатов требуемой точности при выборочном обследовании).

Средняя арифметическая. Характеризуя тот или иной вид спорта, говорят, например, о среднем уровне физического развития, средней аэробной или анаэробной производительности организма, о среднем развитии двигательных качеств и многих других средних величинах. Значение средних заключается в их свойстве нивелировать индивидуальные различия, в результате чего выступает более или менее устойчивая числовая характеристика признака.

Среднее значение характеризует групповое свойство. В средней находит своё отражение внутренняя связь, существующая между отдельными вариантами (отдельные значения или единицы, входящие в состав статистической совокупности) и всей их совокупностью в целом. Средняя – это центр распределения: она занимает центральное положение в общей массе варьирующих значений признака.

Из всех параметрических средних наиболее часто применяется средняя арифметическая  $\bar{X}$ , представляющая частное от деления суммы всех вариантов ( $X_i$ ) на их общее число ( $n$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

Средняя арифметическая – величина именованная, она выражается теми же единицами измерения, что и характеризуемый ею признак.

Являясь важной статистической характеристикой, средняя ничего не говорит о величине варьирования изучаемого признака. Самой простой характеристикой вариации является размах варьирования. Например, если лимиты (экстремумы) одной выборки равны  $\min = 4$  и  $\max = 16$ , а другой –  $\min = 3$  и  $\max = 19$ ; то размах вариации в первом

случае равен  $16 - 4 = 12$ , во втором –  $19 - 3 = 16$ . Отсюда следует, что вариабельность первого признака меньше, чем второго.

Описываемые показатели вариации, в силу присущих им недостатков, редко применяются в качестве основного мерила вариабельности. Во-первых, потому что способны сильно менять своё значение, а во-вторых, в силу их неспособности характеризовать существенные черты варьирования. Например, подтверждением этому могут служить следующие ряды ранжированных значений двух выборок  $x$  и  $y$ :

$x$ : 10 15 20 25 30 35 40 45 50;  $\bar{X} = 30$ .

$y$ : 10 28 28 30 30 30 32 32 50;  $\bar{Y} = 30$ .

Средние арифметических этих рядов одинаковы, одинаковыми являются и лимиты, а, следовательно, и размах вариации. А характер варьирования у них разный, что не отражается на величине этих показателей.

Дисперсия и среднее квадратическое (или стандартное) отклонение. Наиболее подходящей мерой варьирования служит центральный момент второго порядка. Этот показатель, обозначаемый символом  $\sigma^2$ , называется средним квадратом отклонений, или дисперсией, и выражается формулой:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1},$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Величина  $n - 1$  носит название числа степеней свободы, под которым подразумевается число свободно варьирующих членов ( $X_i$ ) совокупности.

Р.Н. Бирюковой предложен более простой, но приближенный метод вычисления стандартного отклонения –  $\sigma$  (таблица А. 1).

Стандартное отклонение – величина именованная и выражается в тех же единицах измерения, что и признак. Чем сильнее варьирует признак, тем больше и стандартное отклонение, и наоборот – при слабом варьировании признака стандартное отклонение будет меньше.

Средняя и стандартное отклонение дают полную количественную характеристику любой эмпирической совокупности, распределяемой по нормальному закону. Среднее значение отображает действие на признак основных причин, определяющих типичный для популяции



уровень его развития, тогда как стандартное отклонение характеризует варьирование значений этого признака вокруг центра распределения, т.е. средней арифметической. Стандартное отклонение является мерой степени влияния на признак различных второстепенных причин, вызывающих его варьирование.

Стандартное отклонение не зависит от числа наблюдений и потому может использоваться для оценки варьирования однородных признаков. Однако для сравнения вариации двух и более признаков, имеющих различные единицы измерения (например, результаты в беге на 100 м, прыжках в высоту, метаниях гранаты и т.п.), эта характеристика не пригодна. Для этого используется коэффициент вариации.

Коэффициент вариации. Чтобы стандартное отклонение могло быть использовано в качестве меры сравнения variability признаков (независимо от того, какими единицами измерения они выражены), его принято выражать в процентах от средней арифметической. Полученный таким образом показатель оказывается числом относительным, выражающим изменчивость признаков в процентах; его называют коэффициентом вариации и обозначают символом CV. Вычисляется он по формуле

$$CV = \sigma / \bar{X} \cdot 100 \%$$

Коэффициент вариации, будучи величиной относительной, позволяет сравнивать между собой variability (колеблемость) разнородных признаков, имеющих различные единицы измерения. При нормальных распределениях CV обычно не превышает 45 – 50 %. В случаях ассиметричных распределений он может быть довольно высоким (до 100% и выше). На практике внутренняя variability признака считается небольшой при CV от 0 до 10%, средней – от 11 до 20% и большой – > 20%.

Ошибка средней арифметической ( $m$ ) – величина не техническая, а статистическая. Она характеризует закономерные колебания (вариации) средней арифметической величины. Ошибка средней вычисляется по формуле

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}, \text{ или } m = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n(n-1)}}$$

В. А. Березовский предложил более простой, но приближенный метод вычисления ошибки средней –  $m$  (таблица А. 2)

Ошибка средней, показывает варьирование выборочных показателей вокруг их генеральных параметров. Она обладает теми же свойствами, что и стандартное отклонение. Чем больше объем выборки, тем точнее средний результат, тем меньше выборочная средняя будет отличаться от средней генеральной совокупности. Следовательно, при увеличении числа испытаний ошибка выборочной средней будет уменьшаться. Отсюда становится яснее значение выборочной ошибки: она указывает на точность, с какой определена сопровождаемая ею средняя величина.

Оценка по критерию t-Стьюдента. В спорте часто на одних и тех же спортсменах проводится измерение через некоторое время (например, в начале и конце этапа подготовки) или сравнение результатов одной группы (контрольной) с другой (экспериментальной). Во всех этих и подобных случаях ставится практически одна задача – выяснить, достоверно или нет, одни результаты исследования отличаются от других. Для этих целей используется метод сравнения двух выборочных средних арифметических по критерию t-Стьюдента, который рассчитывается по формуле

$$t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\frac{m_1^2 + m_2^2}{2}}}, \quad (1)$$

где  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  – сравниваемые средние;  $m_1$  и  $m_2$  – ошибки сравниваемых средних.

Принципиально важным является то, что применение указанного метода возможно только для однородных признаков.

После того, как определен критерий и вычислено значение  $t$  расчет, его сравнивают с критическим значением  $t$  в формуле (1) предварительно определив число степеней свободы ( $k = n_1 + n_2 - 2$ ).

Ответом на вопрос о достоверности различий между двумя однородными признаками служит уровень значимости ( $P$ ), определяемый по (таблица А. 3). При уровне значимости  $P < 0,05$  (что соответствует 95% вероятности события) можно говорить о наличии достоверных различий между сравниваемыми средними, при  $P < 0,01$  и особенно при  $P < 0,001$  (когда 99,9 % случаев подлежат общей закономерности) можно утверждать, что средние значения отличаются друг от друга с высокой вероятностью или закономерностью. Свидетельством отсутствия достоверных (статистических) различий между средними является  $P > 0,05$  (т.е. менее 95% случаев подлежат общей закономерности).

Сравнение средних значений двух малых выборок по  $u^2$ -критерию (по Lord). Сравнение средних значений независимых рядов измерений равного объема ( $n_1 = n_2 \leq 20$ ) осуществляется по формуле

$$\hat{u} = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{(R_1 + R_2)/2}, \quad (2)$$

где  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  – сравниваемые средние;  $R_1, R_2$  – разности между экстремумами ( $X_{\max} - X_{\min}$ )

Если статистика  $\hat{u}$  (по Lord) достигает или превосходит границу таблицы (таблица А. 4), то разность средних значений достоверна. Критерий  $\hat{u}$  предполагает нормальное распределение выборки и равенство дисперсий в табулированной области, он имеет такую же мощность, как и критерий t-Стьюдента.

Сравнение дисперсий по критерию Фишера. Для установления равенства (или неравенства) двух выборочных дисперсий, принадлежащих к одной и той же генеральной совокупности, рассчитывается критерий Фишера

$$F = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2}, \quad (3)$$

где дробь  $\sigma_2^2/\sigma_1^2$  должна быть  $> 1$ , т.е. числитель должен быть всегда больше знаменателя. Значение F расчет сравнивается с критическим значением теоретического распределения Фишера (таблица А. 5). Если F расчет равна или больше табличного, значит существует достоверное отличие между дисперсиями при соответствующем уровне P.

Критерий Фишера применяется для больших ( $n > 30$ ) и малых выборок ( $n < 30$ ). Он функционально связан с вероятностью, имеет непрерывную функцию распределения и зависит от чисел степеней свободы:  $k_1 = n_1 - 1$  и  $k_2 = n_2 - 1$  сравниваемых дисперсий. Характерным для F-критерия оказывается то, что он полностью определяется выборочными дисперсиями и не зависит от генеральных переменных.

Корреляционный анализ сводится к измерению тесноты или степени напряжённости между разнородными признаками, а также к определению формы и направления существующей между ними связи.

Для оценки тесноты взаимосвязи в корреляционном анализе используется значение (абсолютная величина) специального показателя – коэффициента корреляции ( $r$ ). Абсолютное значение

любого коэффициента корреляции лежит в пределах от 0 до 1. Чем больше коэффициент корреляции приближается к 1, тем теснее связь между признаками и наоборот. В упрощённом виде значение этого коэффициента интерпретируют следующим образом:

$r = 1,00$  (такая взаимосвязь встречается только в точных науках);

$r = 0,99-0,70$  (сильная статистическая взаимосвязь);

$r = 0,69-0,50$  (средняя статистическая взаимосвязь);

$r = 0,49-0,20$  (слабая статистическая взаимосвязь);

$r = 0,19-0,09$  (очень слабая статистическая взаимосвязь);

$r = 0,00$  (корреляции нет).

Коэффициент корреляции может иметь знаки плюс или минус, что говорит о направленности связи – положительная (прямая) или отрицательная (обратная). Коэффициент  $r$  служит мерилом только качественной связи между изучаемыми признаками. С помощью специальных расчётных процедур в каждом конкретном случае устанавливается форма связи (линейная, нелинейная). Существуют методы парной и множественной корреляции; для определения связи между количественными и качественными признаками прибегают к разным корреляционным анализам

Когда измерения производят в шкале отношений или интервалов и форма взаимосвязи двух разнородных (например бег на 100 м и прыжки в длину) признаков линейная, то для определения взаимосвязи используется коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона. Чаще всего он вычисляется по формуле

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y} \quad (4)$$

где  $\bar{X}$  и  $\bar{Y}$  – средние арифметические двух признаков;  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  – стандартные отклонения;  $n$  – объём выборки или общее число парных наблюдений. Статистически значимая связь определяется по таблице А. 6.

Наряду с параметрическими показателями корреляционной связи существуют и непараметрические (порядковые) показатели, применяемые в тех случаях, когда изучаемые объекты (качественные) ранжируются по учитываемым в эксперименте признакам. Наиболее известным непараметрическим показателем связи является ранговый коэффициент корреляции Спирмена, определяемый по формуле

$$R = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

где  $\sum$  – знак суммирования;  $d$  – разность между рангами сопряжённых значений признаков  $x$  и  $y$ , т.е.  $d = x_i - y_i$ ;  $n$  – объём выборки или общее число парных наблюдений. Статистически значимая связь определяется по таблице А. 7.

В некоторых случаях тесноту взаимосвязи определяют на основании коэффициента детерминации ( $D$ ), который вычисляют по формуле

$$D = r^2 \cdot 100 \%$$

Этот коэффициент определяет часть общей вариации одного показателя, которая объясняется вариацией другого показателя. Так, например, для вычисленного значения  $r = -0,7$  между результатом в беге на 30 м и прыжком в длину с разбега коэффициент детерминации определится как

$$D = (-0,7)^2 \cdot 100 \% = 49 \%$$

Следовательно, только 49% взаимосвязи спортивных результатов объясняется их взаимовлиянием. Остальная часть ( $100 \% - 49 \% = 51 \%$ ) вариации объясняется влиянием других неучтённых факторов.

Регрессионный анализ есть продолжение корреляционного анализа, где с помощью выведенного уравнения регрессии можно показать количественную степень связи (или взаимовлияния одного признака на другой). Например, насколько повысится результат в прыжках в длину с разбега, если скорость бега на 30 м увеличится на 2 м/с. Уравнение парной линейной регрессии имеет вид

$$y = a + b x,$$

где  $y$  – искомое значение;  $a$  – свободный член;  $b$  – коэффициент регрессии;  $x$  – заданное значение.

Дисперсионный анализ позволяет оценить влияние разнообразных факторов на результат исследования. Например, какие из факторов физической подготовленности в большей мере влияют на спортивный результат. Дисперсионный анализ проводится как на малых, так и на больших выборках, на однородных и неоднородных признаках. В основе дисперсионного анализа лежит сравнения выборочных дисперсий или их отношений с критическими значениями критерия  $F$ - Фишера.

## 2 Основы теории тестов

Измерение (испытание), проводимое с целью определения состояния или способностей спортсмена, называется тестом. Процесс испытания называется тестированием, а полученные в итоге измерения числовые значения – результатом тестирования. Тесты, в основе которых лежат двигательные задачи, называют двигательными, или моторными. Не всякие измерения могут быть использованы как тесты, а только те, которые отвечают специальным требованиям.

Таблица 2– Стандартизованные показатели качества тестов

Комплексные показатели	Отдельные показатели стандартизации тестов
Добротность (аутентичность) теста	Надежность и информативность
Надежность теста (степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же испытуемых в идентичных условиях)	Стабильность теста (она характеризует воспроизводимость результатов при проведении тестирования, через определенное время в одинаковых условиях). Согласованность теста (характеризуется независимостью результатов тестирования от личных качеств лиц, проводящих процедуру).
Информативность (валидность) теста - степень точности, с какой он измеряет свойство или качество, для оценки которого его используют	Эквивалентность теста (разновидность двух форм одного и того же теста). Эмпирическая информативность (когда результаты теста сравнивают с некоторым критерием). Конкурентная информативность (когда результаты теста сравнивают с другим тестом). Факторная информативность (когда результаты сравнивают с одновременным действием ряда непосредственно не наблюдаемых факторов). Логическая информативность (когда тест является частью тех действий, которые выполняет испытуемый). Информативность по определению (когда договариваются о том, какой смысл вкладывается в тот или иной термин).



В зависимости от задания, которое стоит перед исследуемым, различают три группы двигательных тестов.

Таблица 3 – Разновидности двигательных тестов

Название теста	Задание спортсмену	Результат теста	Пример
Контрольное упражнение	показать максимальный результат	двигательные достижения	бег на 1500 м, тест Купера (время)
Стандартные функциональные пробы	одинаковое для всех, дозируется: по величине выполненной работы; по величине физиологических сдвигов	физиологические или биохимические показатели при стандартной работе; двигательные показатели при стандартной величине физиологических сдвигов	регистрация ЧСС при стандартной работе 1000 кгм. мин, скорость бега при ЧСС 160 уд. мин.
Максимальные функциональные пробы	показать максимальный результат	физиологические или биохимические показатели	определение максимального кислородного долга или максимального потребления кислорода

Иногда используется не один, а несколько тестов, имеющих единую конечную цель. Такая группа тестов называется батареей тестов. Примером может служить комплекс тестов для оценки быстроты движений:

- быстрота одиночного движения (например, высота вертикального прыжка по Абалакову);
- время простой или сложной сенсомоторной реакции (на звук, свет и т. п.);
- темп двигательных действий (теппинг-тест, темп бега на месте и др.).



Одной из важных задач тестирования является оценка функционального состояния систем организма на отдельных этапах подготовки спортсмена. Для этого используются разные тестовые воздействия:

- пробы с нарастающей или постоянной мышечной нагрузкой;
- модельные нагрузки по профилю спортивной деятельности;
- пробы с изменением положения тела в пространстве – поструральные;
- тесты (ортостатическая, антиортостатическая, с вращением и др.);
- пробы с изменением внутригрудного и внутрибрюшного давления;
- дыхательные пробы: гипоксическая, гиперкапническая, с возвратным дыханием, с задержкой дыхания и др.;
- прессорно-холодовая проба;
- психологические пробы;
- фармакологические пробы;
- сопряжённые пробы (например, фармакологический препарат + гипоксия + мышечная работа);
- перекрёстные пробы (действие одного раздражителя сменяется другим и т. п.).

Если все тесты, входящие в какую-либо батарею тестов, высоко эквивалентны, они называются гомогенными (например, для оценки качества прыгучести гомогенными, надо полагать, будут прыжки с места в длину, вверх, тройным). Наоборот, если в комплексе нет эквивалентных тестов (как, например, для оценки общей физической подготовленности), то все тесты, входящие в него, измеряют разные свойства, т. е. по существу комплекс является гетерогенным.

### 3. Основы теории оценок

#### 3.1. Шкалы и варианты оценок

Для оценивания спортивных результатов часто прибегают к специальным таблицам очков. Цель таких таблиц – преобразование показанного спортивного результата (выраженного в объективных мерах) в условные очки.

Закон преобразования спортивных результатов в очки называется шкалой оценок. Шкала может быть задана в виде математического выражения, таблицы или графика.

Различают 4 основных типа шкал, используемых в спорте и физическом воспитании.

Пропорциональные шкалы предполагают начисление одинакового числа очков за равный прирост результатов (например, за каждые 0,1 с улучшения результата в беге на 100 м начисляется 20 очков). Такие шкалы используются в современном пятиборье, конькобежном спорте, гонках на лыжах, лыжном двоеборье, биатлоне и других видах спорта.

Регрессирующие шкалы предполагают начисление (за один и тот же прирост результата по мере возрастания спортивных достижений) всё меньшее число очков (например, за улучшение результата в беге на 100 м с 15,0 до 14,9 с добавляют 20 очков, а за 0,1 с в диапазоне 10,0–9,9 с – только 15 очков).

Прогрессирующие шкалы. Здесь чем выше спортивный результат, тем большей прибавкой очков оценивается его улучшение (например, за уменьшение времени в беге в диапазоне 15,0–14,9 с, добавляют 10 очков, а в диапазоне 10,0–9,9 с – 100 очков). Прогрессирующие шкалы применяются в плавании, в отдельных видах лёгкой атлетики, тяжёлой атлетике.

Сигмовидные (или S-образные) шкалы редко используются в спорте, но широко применяются при оценке физической подготовленности (например, так выглядит шкала стандартов физической подготовленности населения США). В этих шкалах улучшение результатов в зоне очень низких и очень высоких достижений поощряется скупое; больше всего очков приносит прирост результатов в средней зоне достижений.

Каждая из этих шкал имеет как свои достоинства, так и недостатки. Устранить последние и усилить первые можно, правильно применяя ту или иную шкалу.

Оценка как универсальный измеритель спортивных результатов может быть эффективной, если она справедлива и с пользой применяется в практике. Это зависит от критериев, на основе которых оцениваются результаты.

Целесообразно использование следующих критериев:

а) равенство временных интервалов, необходимых для достижения результатов, соответствующих одинаковым разрядам в разных видах спорта. Естественно, что это возможно лишь в том случае, если содержание и организация тренировочного процесса в этих видах спорта не будет резко отличаться;

б) равенство объёмов нагрузок, которые необходимо выполнить для достижения одинаковых квалификационных норм в разных видах спорта;

в) равенство мировых рекордов в разных видах спорта;

г) равные соотношения между числом спортсменов, выполнивших разрядные нормы в разных видах спорта.

В практике для оценок результатов тестирования используются разные шкалы оценок.

Стандартная шкала. В её основе лежит пропорциональная шкала, а своё название она получила потому, что масштаб в ней служит стандартное (среднеквадратическое) отклонение. Наиболее распространена T-шкала. При её использовании средний результат приравнивается к 50 очкам, а вся формула выглядит следующим образом

$$T = 50 + 10 \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} = 50 + 10 * Z, \quad (6)$$

где T – оценка результата в тесте; 50 – средний результат, выраженный в баллах; 10 – коэффициент приведения;  $X_i$  – показанный результат;  $\bar{X}$  – средний результат;  $\sigma$  – стандартное отклонение; Z – нормированный показатель (отношение разности частного центрального отклонения к групповому стандартному отклонению).

Пример. Если средняя величина в прыжках в длину с места равнялась 224 см, а стандартное отклонение – 20 см, то за результат 222 см начисляется 49 очков, а за 266 см – 71 очко (проверьте правильность этих вычислений).

В практике используются и другие стандартные шкалы.

Перцентильная шкала. В основе этой шкалы лежит следующая операция: каждый спортсмен из группы получает за свой результат (в соревнованиях или в тесте) столько очков, сколько процентов

спортсменов он опередил. Таким образом, оценка победителя составляет – 100 очков, оценка последнего – 0 очков. Перцентильная шкала наиболее пригодна для оценки результатов больших групп спортсменов. В таких группах статистическое распределение результатов нормальное (или почти нормальное). Это значит, что очень высокие и очень низкие результаты показывают единицы из группы, а средние – большинство. Главное достоинство шкалы – простота, здесь не нужны формулы, а единственное, что нужно вычислить, – какое количество результатов спортсменов укладывается в один перцентиль (или сколько перцентилей приходится на одного человека). Перцентиль – это интервал шкалы; при 100 спортсменах, в одном перцентиле – один результат; при 50 – один результат укладывается в два перцентиля (т. е. если спортсмен обошёл 30 человек, он получает 60 очков). Простота обработки результатов и наглядность перцентильной шкалы обусловили её широкое применение в практике. Например, она часто используется при оценке физического развития.

Шкалы выбранных точек. При разработке таблиц по видам спорта не всегда удаётся получить статистические распределения результатов теста. Тогда поступают следующим образом: берут какой-нибудь высокий спортивный результат (например, мировой рекорд или 20-й результат в истории данного вида спорта) и приравнивают его, скажем, к 1000 или 1200 очкам. Затем на основе результатов массовых испытаний определяют среднее достижение группы слабо подготовленных лиц и приравнивают его, скажем, к 100 очкам. После этого, если используется пропорциональная шкала, остаётся выполнить лишь арифметические вычисления – ведь две точки однозначно определяют прямую линию. Построенная таким образом шкала называется шкалой выбранных точек.

Последующие шаги для построения таблиц по видам спорта – выбор шкалы и установление межклассовых интервалов (научно пока не обоснованы), здесь допускается определённый субъективизм, основанный на личном мнении специалистов.

Параметрические шкалы. В видах спорта циклического характера и в тяжёлой атлетике результаты зависят от таких параметров, как длина дистанции и масса спортсмена. Эти зависимости называют параметрическими.

Можно найти параметрические зависимости, которые являются геометрическим местом точек эквивалентных достижений. Шкалы, построенные на основе этих зависимостей, называются параметрическими и относятся к числу наиболее точных.

Шкала ГЦОЛИФКа (разработана в Государственном центральном Ордена Ленина институте физической культуры, ныне РГУФК). Рассмотренные выше шкалы используются для оценки результатов группы спортсменов, и цель их применения заключается в определении меж индивидуальных различий (в баллах).

В практике спорта тренеры постоянно сталкиваются с ещё одной проблемой – необходимостью оценки результатов периодического тестирования одного и того же спортсмена в разные периоды цикла или этапа подготовки. Для этой цели предложена шкала ГЦОЛИФКа, выраженная в формуле

$$\text{Оценка, балл} = 100 * \left(1 - \frac{\text{лучший результат} - \text{оцениваемый результат}}{\text{лучший результат} - \text{худший результат}}\right)$$

Смысл такого подхода заключается в том, что результат теста рассматривается не как отвлечённая величина, а во взаимосвязи с лучшим и худшим результатами, показанными спортсменом (в разное время) в данном тесте. Как видно из формулы, лучший результат всегда оценивается в 100 очков, худший – в 0 очков. Эту шкалу целесообразно применять для оценки вариативных показателей физической подготовленности.

Оценка комплекса тестов. Существует три основных варианта оценки результатов тестирования спортсменов по комплексу тестов.

Первый вариант оценки заключается в выведении обобщённой оценки, которая информативно характеризует подготовленность спортсмена, определяющая результат в соревнованиях. Это позволяет использовать её для прогноза: рассчитывается уравнение регрессии, решив которое, можно предсказать результат в соревновании по сумме баллов за тестирование. Однако просто суммировать результаты конкретного спортсмена по всем тестам было бы неправильно, так как сами тесты неравнозначны. Например, из двух тестов (времени реагирования на сигнал и времени удержания максимальной скорости бега) второй более важен для спринтера, чем первый. Эту важность (весомость) теста можно учитывать тремя способами:

- даётся экспертная оценка. В этом случае специалисты договариваются, что одному из тестов приписывается коэффициент 2. И тогда очки, начисленные по этому тесту, вначале удваиваются, а затем суммируются с очками за другой тест;

- коэффициент устанавливается каждому тесту на основе факторного анализа. Он, как известно, позволяет выделить показатели с большим или меньшим факторным весом;

- количественной мерой весомости теста может быть значение коэффициента корреляции, рассчитанного между его результатом и достижением в соревнованиях.

Во всех этих случаях полученные оценки называются «взвешенными».

Второй вариант оценки результатов комплексного контроля заключается в построении «профиля» спортсмена – графическая форма представления результатов тестирования. Линии графиков наглядно отражают сильные и слабые стороны подготовленности спортсменов.

Третий вариант оценки – интегральный, выполняется в два этапа. Сначала устраняется размерность, т. е. осуществляется приведение различных показателей (тестирования, измерения) к единому виду. Для этого рассчитывается средняя арифметическая величина ( $\bar{X}$ ) какого-либо признака, затем вычисляется индекс измеряемого показателя для каждого спортсмена по формуле

$$J_i = \frac{X_i}{\bar{X}} \text{ усл. ед.}, \quad (7)$$

где  $J_i$  – индекс измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $X_i$  – абсолютное значение измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $\bar{X}$  – средняя арифметическая для исследуемого признака.

После преобразования, уничтожающего размерность отдельных признаков (результаты в тестах), для каждого в отдельности спортсмена (или разных групп) вычисляется интегральная оценка по формуле

$$\bar{J} = \frac{\sum J_i}{n} \text{ усл. ед.}, \quad (8)$$

где  $\bar{J}$  – средний индекс по всем признакам (результаты в тестах) для отдельного спортсмена (или группы);  $J_i$  – индекс измеряемого показателя у конкретного спортсмена;  $n$  – количество измеренных показателей в тестах.

Средний индекс по всем признаком служит интегральной оценкой результативности в тестах. В случаях, когда встречается разная модальность (знак + или –) того или иного признака в тесте, то определение его результативности осуществляется вычислением простой разности между индексом измеряемого показателя ( $J_i$ ) у



конкретного спортсмена и единиц (1). Например, чем меньше время пробегания дистанции на 60 м, тем лучше результат ( $1 - I_i$ ).

Основными задачами оценивания являются:

- сопоставление разных достижений в одном и том же задании;
- сопоставление достижений в разных заданиях;
- определение нормы.

### 3.2 Разновидности норм сравнения

Нормой в спортивной метрологии называется граничная величина результата, служащая основой для отнесения спортсмена к одной из классификационных групп. Существует три основных вида норм: сопоставительные, индивидуальные, должные.

Сопоставительные нормы имеют в своей основе сравнение людей, принадлежащих к одной и той же совокупности. Процедура определения сопоставительных норм такова:

- 1) выбирается совокупность людей (например, студенты вузов Павлодарской области);
- 2) определяются их достижения в комплексе тестов;
- 3) определяются средние величины ( $\bar{X}$ ) и стандартные отклонения ( $\sigma$ );
- 4) значение  $\bar{X} \pm 0,5\sigma$  принимается за среднюю норму, а остальные градации (ниже средней – выше средней, низкая – высокая, очень низкая – очень высокая) – в зависимости от избранного коэффициента при данной  $\sigma$ .

По аналогии, например, можно осуществлять «разбивку» людей на подгруппы по степени устойчивости (высокой, средней, низкой) или реактивности (гипер-, нормо-, гипореактивные) к гипоксии, холоду и т. п. Эти нормы характеризуют лишь сравнительные успехи испытуемых в данной совокупности, но ничего не говорят о совокупности в целом (или в среднем). Поэтому сопоставительные нормы должны сравниваться с данными, полученными на других совокупностях, и использоваться в сочетании с индивидуальными и должными нормами. Индивидуальные нормы основаны на сравнении показателей одного и того же спортсмена в разных состояниях. Эти нормы имеют исключительно важное значение для индивидуализации тренировки во всех видах спорта. Необходимость их определения возникла вследствие существенных различий в структуре тренированности спортсменов.

Градация индивидуальных норм устанавливается с помощью тех же статистических процедур. За среднюю норму здесь можно



принимать показатели тестов, соответствующие среднему результату в соревновательном упражнении.

Индивидуальные нормы широко используются в текущем контроле. Например, во многих видах спорта нет зависимости между массой тела спортсменов и спортивным результатом. У каждого спортсмена есть индивидуально оптимальная масса тела, соответствующая состоянию спортивной формы. Эту норму можно контролировать на разных этапах спортивной подготовки. Должные нормы основаны на анализе того, что должен уметь человек, чтобы успешно справляться с задачами, которые перед ним ставит жизнь. Примером этому могут служить нормативы отдельных комплексов по физической подготовке, должные величины жизненной ёмкости лёгких, основного обмена, массы и длины тела и т. п.

В спортивной практике должные нормы устанавливаются следующим образом:

- 1) определяются информативные показатели подготовленности спортсмена;
- 2) измеряются результаты в соревновательном упражнении и соответствующие им достижения в тестах;
- 3) рассчитывается уравнение регрессии типа

$$y = a + b \cdot x, \quad (9)$$

где  $y$  – прогнозируемый результат в соревновательном упражнении;  $a$  – свободный член;  $b$  – коэффициент регрессии;  $x$  – результат, который должен спортсмен показать в тесте на данном этапе подготовки.

Должные результаты в тесте и являются должной нормой. Её необходимо достичь, и только тогда можно будет показать запланированный в соревновании результат.

В основе сопоставительных, индивидуальных и должных норм лежит сравнение результатов одного спортсмена с результатами других спортсменов, показателей одного и того же спортсмена в разные периоды и в разных состояниях, имеющих данные с должными величинами.

В практике физического воспитания наибольшее распространение получили возрастные нормы. Типичным примером являются нормы комплексной программы «Президентские тесты».

Большинство из этих норм составлялись традиционным способом: результаты тестирования в различных возрастных

группах обрабатывались с помощью стандартной шкалы, и на этой основе определялись нормы. В таком, методическом подходе есть один существенный недостаток – ориентация на паспортный возраст человека не учитывает существенного влияния на любые показатели биологического возраста и размеров тела.

Понятно, что при использовании традиционных норм (таблиц) для изучения, например, физической подготовленности детей определённого возраста часть параметров может быть меньше или больше нормативных значений. В этом случае определяется средняя арифметическая весомостей по всем тестам, комплексно отражающая двигательный возраст ребёнка.

Известно большое разнообразие норм, которые предназначены для оценки физического развития, физической подготовленности, функционального состояния организма и др. Однако существует их специфичность, связанная с множеством факторов – возраст, пол, этническая принадлежность, экология, вид спорта, уровень спортивной подготовленности и мн. др. Эти факторы определяют пригодность (релевантность) тех или иных норм только для той совокупности, для которой они разработаны.

Репрезентативность норм отражает их пригодность для оценки всех людей из генеральной совокупности. Репрезентативными могут быть только нормы, полученные на типичном материале.

Одна из важных характеристик норм – их современность. Известно, что результаты в соревновательных упражнениях и тестах постоянно растут, поэтому пользоваться разработанными давно нормами не рекомендуется. Некоторые нормы, установленные много лет назад, в большинстве своём не приемлемы для настоящего времени, хотя в своё время они отражали действительную ситуацию.

## 4 Основы квалиметрии

Квалиметрия (лат. *qualitas* – качество, *metron* – мера) – это раздел метрологии, изучающий вопросы измерения и количественной оценки качественных показателей. Качественными называются показатели, не имеющие определённых единиц измерения. Таких показателей в физическом воспитании и особенно в спорте много: красота, артистичность, динамичность в гимнастике, фигурном катании на коньках, прыжках в воду; зрелищность в спортивных играх и единоборствах и т. п.

Измерение качества – это установление соответствия между характеристиками таких показателей и требованиями к ним. При этом требования («эталон качества») не всегда могут быть выражены в однозначной и унифицированной для всех форме. Специалист, который оценивает выразительность движений спортсмена, мысленно сопоставляет то, что он видит, с тем, что он мысленно представляет как выразительность. На практике часто качество оценивается не по одному, а по нескольким признакам. При этом наивысшая обобщённая оценка не обязательно соответствует максимальным значениям по каждому признаку.

Методические приёмы квалиметрии делятся на две группы: эвристические (интуитивные), основанные на экспертных оценках и анкетировании; инструментальные, или аппаратные.

Проведение экспертизы и анкетирования – это отчасти техническая работа, предполагающая строгое соблюдение определённых правил, а отчасти – искусство, требующее интуиции и опыта.

Экспертной называется оценка, получаемая путём выяснения мнений специалистов. Характерные примеры экспертизы: судейство в гимнастике и фигурном катании на коньках, конкурс на лучшую научную работу и т. п.

Проведение экспертизы включает следующие основные этапы:

- 1) формирование её цели;
- 2) подбор экспертов;
- 3) выбор методики;
- 4) проведение опроса;
- 5) анализ и обработка полученной информации;
- 6) оценка согласованности индивидуальных экспертных оценок.

При экспертизе большое значение имеет степень согласованности мнений экспертов, которую можно определить по величине рангового коэффициента корреляции (в случае нескольких экспертов).

Подбор экспертов – важный этап экспертизы, так как достоверные данные можно получить не от всякого специалиста.

Экспертом может быть человек:

- 1) обладающий высоким уровнем профессиональной подготовки;
- 2) способный к критическому анализу прошлого, настоящего и к прогнозированию будущего;
- 3) психологически устойчивый, не склонный к соглашательству.

Есть и другие важные качества экспертов. Например, профессиональная компетентность эксперта определяется по показателям решения тестовых задач. Судей во многих видах спорта можно рассматривать как своеобразных экспертов, оценивающих мастерство спортсмена (например, в гимнастике, боксе и др.).

Существует несколько способов проведения экспертизы. Наиболее простой из них – ранжирование, которое состоит в определении относительной значимости объектов экспертизы на основе их упорядочения. Обычно наиболее предпочтительному объекту приписывается наивысший (первый) ранг, наименее предпочтительному – последний ранг. После оценивания объект, получивший у экспертов наибольшее предпочтение, получает наименьшую сумму рангов. Следует знать, что в принятой оценочной шкале ранг определяет только место объекта относительно других объектов, подвергшихся экспертизе. Но ранжирование не позволяет оценить, насколько далеко эти объекты отстают друг от друга.

Широкое распространение получил метод непосредственной оценки объектов по шкале, когда эксперт помещает каждый объект в определённый оценочный интервал.

Третий метод экспертизы – последовательное сравнение факторов. Сравнение объектов экспертизы с помощью этого метода проводится следующим образом:

- 1) вначале они ранжируются в порядке значимости;
- 2) наиболее важному объекту приписывается оценка, равная единице, а остальным (тоже в порядке значимости) – оценка меньше единицы – до нуля;
- 3) эксперты решают, будет ли оценка первого объекта превосходить по значимости все остальные. Если да, то оценка «веса» этого объекта увеличивается ещё больше, если нет, то принимается решение уменьшить его оценку;
- 4) эта процедура повторяется до тех пор, пока не будут оценены все объекты.

Четвёртый метод экспертизы – метод парного сравнения – основан на попарном сравнении всех факторов. При этом в каждой

сравниваемой паре объектов устанавливается наиболее весомый фактор (он оценивается баллом 1). Второй объект этой пары оценивается в 0 баллов.

Анкетированием называется метод сбора мнений посредством заполнения анкет. Наряду с интервью и беседой, анкетирование относится к методам опроса. В отличие от интервью и беседы, анкетирование предполагает письменные ответы респондента – лица, заполняющего анкету, на систему стандартизированных вопросов. Оно позволяет изучать мотивы поведения, намерения, мнения и т. п.

С помощью анкетирования в спорте можно решать многие практические задачи: оценка психологического статуса спортсмена; его отношение к характеру и направленности тренировочных занятий; межличностные отношения в команде; отношения спортсмен – тренер; собственная оценка технико-тактической подготовленности; оценка самочувствия, рациона питания и многие другие.

В зависимости от количества опрашиваемых различают два вида анкетирования: сплошное (опрос всей генеральной совокупности) и выборочное (опрос части генеральной совокупности – выборки).

Вопросники любого предназначения должны отвечать некоторым общим правилам:

1) включаются только те вопросы, которые имеют прямое или косвенное к задачам исследования и ответы, на которые нельзя получить другим способом;

2) среди вопросов не должно быть таких, которые вызывали бы нежелание отвечать (содержание и его формулировка), порождали бы отрицательное отношение к исследователю и его работе;

3) формулировка вопросов должна быть безупречно грамотной в орфографическом и стилистическом отношении;

4) содержание и форма вопросов должны отвечать уровню подготовленности всех респондентов;

5) вопросник должен представлять собой логически обоснованную систему вопросов, а не хаотический их набор;

6) по теме исследования должно быть поставлено несколько вопросов («батарея» вопросов). Достоверность информации при этом повышается;

7) «батарея» вопросов должна строиться таким образом, чтобы первыми шли вопросы общего характера, а затем частные, углубляющие, детализирующие;

8) если в вопроснике затрагивается несколько тем, то переходы между ними должны быть плавными, вставляются связывающие вопросы;

9) формулировка вопросов должна побуждать респондентов к лаконичным (кратким) ответам, что ускоряет процесс обработки анкеты.

Опрос может проводиться как очно, так и заочно в один или несколько туров.

Развитие вычислительной техники позволяет проводить анкетирование в режиме диалога с ЭВМ. Особенностью диалогового метода является составление математической программы, предусматривающей логическое построение вопросов и очерёдность их воспроизведения на дисплее в зависимости от типов ответов. В память машины закладываются стандартные ситуации, позволяющие контролировать правильность ввода ответов, соответствие численных значений диапазону реальных данных. ЭВМ контролирует возможность ошибок и в случае их появления находит причину и указывает на неё.

Для оценки уровня проявления любого качества прежде всего необходимо установление перечня и количества элементов, составляющих данный предмет исследования. Например, с позиций квалиметрии исполнительское мастерство в спорте может быть представлено как некоторая иерархическая упорядоченная совокупность его свойств, которая рассматривается в одновременной целостности и дифференцированности, что позволяет выявить внутренние специфические отношения между её элементами. При этом, как следует из принципа квалиметрии, качество элементов каждого предыдущего иерархического уровня является основой для формирования элементов последующего уровня. Так, например, выявлено 34 наименования качественных характеристик (табл. 4), определяющих уровень исполнительского мастерства в технико-эстетических видах спорта.

Таблица 4 – Группировка качественных характеристик исполнительского мастерства в технико-эстетических видах спорта

Признаки группировки		
Обобщённые	Групповые	Единичные
Красота	Техничность	Динамичность
Эффективность	Выразительность	Легкость
Зрелищность	Музыкальность	Ритмичность
Гармоничность	Хореографичность	Амплитудность
Художественность	Артистичность	Точность
Яркость	Культура движений	Пластичность
	Виртуозность	Мягкость



Продолжение таблицы 4

Признаки группировки		
Обобщённые	Обобщённые	Обобщённые
	Школа	Элегантность
		Четкость
		Темп
		Грациозность
		Изящество
		Плавность
		Законченность
		Слитность
		Целостность
		Свобода
		Чистота
		Согласованность
		Рациональность

Перечисленные в таблице 4 примеры оценки качественных признаков, конечно, не исчерпывают всего разнообразия способов измерения, которые характерны для многих других видов спорта, принципиально отличающихся своей специфичностью.

## 5 Технические средства контроля в спорте

Система измерительной аппаратуры в спорте включает в себя датчики информации, линию связи и регистрирующее устройство, а также может входить вычислительное устройство (для автоматической обработки информации).

Датчиком называется элемент измерительной системы, который непосредственно воспринимает изменения измеряемого показателя. От датчиков информация по линии связи поступает на регистрирующее или вычислительное устройство. Практически все элементы измерительной системы определяют качество регистрации изучаемых параметров.

В зависимости от поступающих сигналов все датчики делятся на - датчики биоэлектрических процессов и датчики биомеханических характеристик.

Инструментальные методы контроля за состоянием спортсменов составляют две группы:

- оптические и оптико-электрические методы (где информация передается на регистрирующее устройство лучами света или тепла);
- механоэлектрические методы (где информация передается электрическими сигналами по проводной линии связи или по радио).

Оптические и оптикоэлектронные методы предназначены для дистанционного и бесконтактного контроля за спортсменом. Оптические методы основаны на фотографии (фотосъемка и киносъемка). Результаты фото- и киносъемки предназначены для визуального изучения движений или для определения кинематических характеристик. Различают несколько видов фото-киносъемки: кинограмма, стробофотограмма, циклограмма, стереосъемка и другие.

Кинограммой называют отпечатанный на фотобумаге отрезок киноленты.

Стробофотограммой движения принято называть совмещенное изображение нескольких поз движущегося объекта.

Циклограммой называется совокупность прерывистых линий, воспроизводящих траектории звеньев движущегося тела (благодаря креплению маркеров на биозвенья тела или суставы).

Стереосъемка ведется двумя (может быть и более) синхронно действующими съемочными аппаратами и позволяет регистрировать движения спортсмена в трехмерном пространстве.

Оптикоэлектронные методы регистрации движений основаны на преобразовании изображения в электрический сигнал. Они делятся на телевизионные и фотоэлектронные методы.

Механоэлектрические методы сбора информации о спортсмене предназначены для регистрации биоэлектрических процессов и для измерения важнейших биомеханических характеристик.

Датчики биоэлектрических процессов позволяют регистрировать биоэлектрические явления в организме: электрокардиограмма - ЭКГ, электроэнцефалограмма - ЭЭГ, электромиограмма – ЭМГ, клеточные потенциалы и др.

Датчики биомеханических характеристик – динамические (сила, момент силы) и кинематические (положение, скорость, ускорение) показатели.

Таблица 5 – Методы измерения биомеханических характеристик спортивной техники

Измеряемая переменная	Физические явления, лежащие в основе метода измерения				
	Тензо-эффект	Пьезо-эффект	Электромагнитная индукция	Закон Ома	Эффект Доплера
Сила	+	+	-	-	-
Ускорение	+	+	-	-	-
Скорость	-	-	-	-	+
Перемещение линейное	-	-	+	-	-
Перемещение угловое	+	-	-	+	-

Телеметрические системы служат для передачи информации от датчика на регистрирующее устройство. Известно много разновидностей телеметрических систем, которые отличаются друг от друга, прежде всего физической природой переносчика информации. Например, в проводной телеметрии эту роль выполняет поток электронов, в радиотелеметрии – радиоволны, в гидротелеметрии – ультразвуковые колебания, распространяющиеся в воде. Основное достоинство проводной телеметрии заключается в ее простоте и высокой помехоустойчивости; недостатком – ограничение подвижности спортсмена при проведении измерений. Радио- и гидротелеметрия также имеют свои достоинства и недостатки.

Регистрация результатов измерений осуществляется с помощью индикации и регистрации.

Индикация может осуществляться зрительно (по стрелочному, цифровому, осциллографическому индикатору) или на слух (когда результат измерения преобразуется в звук определенной громкости и тона).

Регистрация чаще всего осуществляется аналоговым способом, для этого используют самописцы, с перьевой, струйной или тепловой записью. Особыми разрешающими способностями, в отличие от перечисленных, обладают самописцы с фотозаписью.

Выбор того или иного метода регистрации определяется задачами исследования и требуемой точностью измерения временных, амплитудно-частотных составляющих и т.п.

## **5.1 Информационно-техническое обеспечение**

Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) – устройство для автоматической обработки информации по заданной программе. Основные назначения ЭВМ – управляющие, моделирующие, информационные, контролирующие, расчётные. По принципу действия ЭВМ делятся на цифровые (ЦВМ) и аналоговые (АВМ). В обоих случаях машина оперирует с числами, преобразованными в электрические сигналы.

В АВМ каждой цифре соответствует определённая величина электрического напряжения, а цифровая машина оперирует с самими цифрами, записанными в десятичном или двоичном коде.

На базе современных ЭВМ создано множество систем, применяемых в спорте. Среди них автоматизированная система управления (АСУ), которая в отличие от информационно-поисковой системы не только хранит и выдаёт информацию по запросу, но также систематизирует её и даже принимает решения.

Постоянно растёт роль электронно-вычислительной техники в организации спортивных соревнований. ЭВМ используется для: автоматической обработки информации о результатах соревнований; составления итоговых таблиц; автоматического сбора и поиска информации о результатах и участниках соревнований; информационного обеспечения; справочного обслуживания; для контроля за ходом подготовки соревнований; учёта доходов от финансовых операций; распределения билетов; аккредитации участников и журналистов и многих других задач.

## 5.2 Тренажёры в спорте

Технические средства, позволяющие в искусственно созданных условиях имитировать тренировочную и соревновательную деятельность, называются тренажёрами.

Различают тренажёры для совершенствования физической, технической, тактической, психологической и теоретической подготовленности. По структуре тренажёры подразделяются на тренажёры без обратной связи и с обратной связью.

Примером тренажёра без обратной связи может быть «гимнастическая стенка», т. к. при работе на ней спортсмен лишён возможности получать информацию о качестве выполняемого им технического действия или физиологической стоимости нагрузки.

Тренажёры с обратной связью обеспечивают автоматическое измерение показателей спортсмена и сравнение их с программными (заданными) значениями. Они более совершенны, поскольку доставляют информацию о том, насколько хорошо спортсмен выполнил упражнение и в чём состоят допущенные ошибки.

В зависимости от быстроты получения информации тренажёры могут быть без срочной и со срочной информацией о качестве выполнения упражнения.

Тренажёры со срочной информацией указывают спортсмену на его ошибки непосредственно в процессе выполнения упражнения (например зеркало, автокардиолидер, велоэргометр и др.).

К числу тренажёров с обратной связью, но без срочной информации, относится, например, видеоманитофон, позволяющий спортсмену «посмотреть на себя со стороны» уже после окончания выполнения упражнения или после тренировочного занятия и только тогда внести коррекции в структуру своего движения.

В тех случаях, когда управление осуществляется по одному из параметров деятельности спортсмена, говорят об одноконтурном тренажёре.

Многоконтурные тренажёры сложнее, с их помощью удаётся более точно и целенаправленно дозировать тренировочные нагрузки и индивидуально находить оптимальные варианты техники и тактики движений. К числу таких тренажёров относится, например, гребной тренажёр («лодка-лаборатория»), когда спортсмен может получать срочную информацию о скорости передвижения, развиваемом усилии гребка, физиологической стоимости выполняемой работы; всё это вычисляется автоматически. При обучении на многоконтурном тренажёре спортсмен вначале учится соотносить свои действия с

заданной программой, а затем пробует разные варианты техники движений.

### 5.3 Средства дозирования нагрузки

Развитие науки и техники позволяет обеспечить эффективный инструментальный контроль за тренировочными нагрузками, моделировать соревновательную деятельность в лабораторных условиях, осуществлять отбор и прогноз в спорте, целенаправленно управлять тренировочным процессом. Для этого в современном спорте используется большое множество автоматизированных средств, среди которых наибольшее практическое применение получили системы дозирования физических нагрузок по величине функционального напряжения организма и мощности преодолеваемого внешнего сопротивления. Принципы работы и функциональные возможности этих систем можно рассмотреть на примере известных устройств: пульсотаксометр, сумматор пульса, автокардиолидер, монитор сердечного ритма системы RS800CX Pro Training Edition и Polar разной модификации, велоэргометры и тредбаны, силовые станции.

**Пульсотаксометр.** Устройство, позволяющее в реальном времени определять частоту сердечных сокращений (ЧСС) в покое и при мышечной нагрузке с интервалом 4-6 с. В основном применяется при лабораторных исследованиях. Служит надёжным индикатором напряжённости физиологических функций, косвенно может характеризовать величину энерготрат, поскольку ЧСС имеет близко к линейной зависимость от активации вегетативных процессов регуляции функций и потребления организмом кислорода. Это устройство может быть автономным или входить в состав современных дозаторов мышечной нагрузки (велотренажёры, эргометры разного назначения, беговые дорожки, гидротредмиллы и др.).

**Сумматор пульса.** Предназначен для определения суммарного значения ЧСС за период времени. Автономный вариант с цифровой памятью данного устройства успешно применяется в спорте, клинической практике, физической реабилитации, оздоровительной физической культуре. Поскольку интервал времени автоматического подсчёта ЧСС и его регистрация в запоминающем устройстве может задаваться произвольно и быть относительно длительной (до 3-х и более суток), то это даёт возможность считывать цифровую информацию на компьютере, обрабатывать её и анализировать на



любом заданном отрезке времени. По величине суммы пульса судят о состоянии функционального напряжения организма за интервал времени.

Автокардиолидер. Уникальная по своей идее система была разработана и реализована в своё время отечественным учёным В. Л. Уткиным в виде автономного устройства. Принцип работы автокардиолидера заключается в контроле за поддержанием ЧСС у индивида в заданном диапазоне ритма. В случае если ЧСС выходит за пределы произвольно установленного диапазона, индивиду (спортсмену) подаётся соответствующий звуковой сигнал (через наушник), что является командой к увеличению или к уменьшению интенсивности мышечной работы. Диапазон программируемого ритма сердца определяется индивидуально для каждого спортсмена, в зависимости от решаемой двигательной задачи на основании соответствия ЧСС процентной величине потребления кислорода от его максимального значения (МПК).

Монитор сердечного ритма RS800CX Pro Training Edition и Polar. Подобные системы имеют разные модификации функциональные возможности применения. Постоянное совершенствование электронной и вычислительной техники приводит к появлению новых и более совершенных образцов средств функционального контроля и управления мышечными нагрузками. Поэтому есть смысл остановиться лишь на возможностях уже имеющихся технических средств.

Система второго поколения Polar Temp 2, использованная в своё время для on-line трансляции мировых велогонок Tour De France и зимних Олимпийских игр в Ванкувере, с успехом применяется известными мировыми футбольными клубами Real Madrid и Manchester United при осуществлении контроля за тренировочной деятельностью команды. Она обладает возможностью записи и контроля параметров тренировки в режиме реального времени для 28 спортсменов одновременно. Перед занятием тренер записывает информацию о будущей тренировке каждому спортсмену в его личный передатчик с помощью беспроводной связи. Передача такой информации возможна одновременно на 10 передатчиков. Во время тренировки, где бы не находился игрок, тренер видит на экране своего карманного компьютера или ноутбука on-line детальную картину каждого спортсмена в виде значений его ЧСС, % от максимума, нахождения его в пределах установленных тренировочных зон (по ЧСС) или даже в виде показателя тренировочной нагрузки «Training load». Это позволяет тренеру осуществлять постоянный контроль

нагрузки каждого спортсмена, сравнивать её с данными и графиками предыдущих тренировок прямо во время занятия и при необходимости тут же вносить коррекции. Всё это дает возможность оптимизировать тренировочный процесс, а встроенная функция определения индивидуального времени восстановления после нагрузки поможет избежать травм и перенапряжений организма.

Технические возможности такой системы позволяют передавать по беспроводной связи Bluetooth информацию на базовую станцию в радиусе 100 м (при применении нескольких базовых станций – до 300 м), а со станции опять же по беспроводной связи – на экран к тренеру. В случае если игрок выйдет из радиуса действия, данные будут сохранены благодаря внутренней памяти передатчика и функции буферизации данных в режиме on-line. Наличие в передатчике заряжаемых батарей обеспечивает работу системы в течение 30 часов в режиме on-line и 400 часов – в режиме off-line.

Кодированную информацию с датчиков спортсменов может увидеть не только тренер, но и сам спортсмен при наличии у него монитора. Идущее в комплекте программное обеспечение позволяет тренеру получать отчёты с наглядными графиками и таблицами, что представляется важным для более детального анализа результатов тренировочных занятий. Современные базовые станции позволяют наблюдать за 84 игроками, 28 из них одновременно.

Широкое практическое применение получили автономные системы Polar (напоминающие наручные цифровые часы), дополнительно снабжённые датчиками: ЧСС, скорости, расстояния, частоты шагов или велосипедными датчиками расстояния, скорости, частоты педалирования, температуры среды и высоты над уровнем моря, а также часами, осуществляющими подсчёт калорий, затраченных во время тренировки. Регистрируемые параметры могут сохраняться в памяти системы (объём до 32 часов, при ежесекундной записи показаний ЧСС) и передаваться через инфракрасный порт USB на компьютер.

Функциональные возможности системы позволяют получать информацию о напряжённости выполняемой работы – средние и суммарные значения ЧСС на отрезках времени, % ЧСС от максимального, количество затраченной энергии, другие расчётные показатели; о кинематических характеристиках движения спортсмена – пройденный путь, время, профиль трассы, мгновенная и средняя скорость на дистанции, частота и длина шагов (частота педалирования); а также напоминания (визуальные или звуковые)

спортсмену о соответствии выполняемого задания программе данного тренировочного занятия.

Велоэргометры и тредбаны (беговые дорожки) – самые распространённые средства дозирования физических нагрузок в лабораторных условиях. Велоэргометры и тредбаны бывают двух типов: механические и электрические.

Современные образцы этой техники снабжены миникомпьютером и датчиком измерения ЧСС. Регулирование нагрузки на велоэргометре может осуществляться по заданному внешнему сопротивлению, частоте педалирования (об./мин.) и времени, а на тредбане – по скорости бега, углу наклона дорожки и времени бега. При наличии миникомпьютера и встроенных программ нагрузка может задаваться автоматически или программироваться пользователем произвольно. Например, тредбан может содержать до 10 и более программ, в том числе: пульсозависимые программы, целевые (время, дистанция, калории), пользовательская программа, функция «Быстрый старт», фитнес-тест и др.

Современные системы контроля позволяют получать срочную информацию о времени тренинга, пройденной дистанции совершаемой работе в Вт или кгм), скорости (частоте педалирования в мин.), средней и суммарной ЧСС, расходе калорий, профиле величины нагрузки и др.

Данные технические средства имеют широкий спектр применения в спортивной практике, оздоровительной физической культуре, диагностике и физической реабилитации. Регулирование физической нагрузки по мощности работы или ЧСС позволяет проводить стандартные функциональные пробы с целью оценки физиологических и биохимических показателей организма спортсмена, диагностики напряжения функциональных систем (дыхания, кровообращения и др.). Задавая требуемую величину внешней нагрузки, можно решать задачи тренирующего, оздоровительного или реабилитационного характера с учётом возраста, пола, состояния и качества здоровья.

Исключительно для спортивной практики особое значение имеют максимальные функциональные пробы с использованием ступенчато или плавно нарастающей нагрузки до отказа, которую можно задавать на велоэргометре или тредбане, при обязательном обеспечении страховки спортсмена, особенно на последних ступенях нагрузки. Такие пробы, с регистрацией физиологических и биохимических параметров, позволяют получать информацию о резервных возможностях разных функциональных систем (дыхания,

кровообращения, вегетативной регуляции и др.) в виде максимальных величин объёма выполненной работы, лёгочной вентиляции, ЧСС, минутного объёма кровообращения, потребления кислорода, кислородного долга, лактата, преобладания парасимпатической активности ВНС и т. п. Эти сведения, получаемые в период этапного контроля, учитываются тренером при планировании тренировочных нагрузок на перспективу.

Силовые станции предназначены для дозированного выполнения силовых упражнений. Силовые станции (серий ХОУМ, ПРО, Премиум ПРО и др.) внешне напоминают тренажёры. Функциональные возможности силовых станций определяются конструктивным решением и дополнительным электронным оснащением.

Наиболее типичные модели укомплектованы достаточным количеством навесных снарядов, которые устанавливаются на специальную встроенную стойку. Комплект навесных снарядов (грузов разного веса) обеспечивает уменьшение шага регулировки и тем самым более точное дозирование усилием.

Кроме этого, регулирование усилием может осуществляться благодаря изменению плеча приложения силы, так как ручки на рычагах установлены с использованием барашковых гаек, обеспечивая тем самым лёгкое изменение установки на узкий или широкий хват.

В зависимости от модификации силовой станции количество показанных базовых упражнений составляет от 16 и больше, что определяет разнообразие локального воздействия на группы мышц. Для дозирования и количественной оценки упражнения или упражнений можно использовать специально встроенные счётчики. Это позволяет контролировать сумму выполненных упражнений каждого вида, например, в занятии или за неделю. Дополнительно вводимые в занятие упражнения оцениваются с использованием свободных счётчиков, которые также можно использовать при работе на силовой станции нескольких занимающихся.

## 6 Метрологические основы контроля в спорте

### 6.1 Основные характеристики контроля в спорте

Наличие различных технических устройств и методов измерения в спорте позволяет получить информацию более чем о 300 отдельных характеристиках состояния спортсмена. Все параметры, измеряемые в науке о спорте, подразделяются на три уровня:

1) интегральные (или комплексные), отражающие суммарный (кумулятивный) эффект функционального состояния различных систем организма (например спортивное мастерство и физическая подготовленность);

2) дифференциальные, характеризующие только одно свойство системы (например, силовые качества);

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

В процессе комплексного контроля в спорте специалисты разного профиля (педагоги, врачи, биомеханики, физиологи, биохимики, психологи и др.) собирают множество информации о состоянии спортсмена (табл. 6), что в значительной степени позволяет объективно управлять учебно-тренировочной деятельностью.

Таблица 6 – Показатели информации о состоянии спортсмена

Состояние спортсмена	Возможные показатели
Здоровье	результаты медицинских обследований, подверженность простудным заболеваниям, самочувствие и др.
Телосложение	длина и масса тела; относительные массы мышечного, жирового и костного компонентов; длины, обхваты и массы сегментов тела
Двигательные качества	время реакции; быстрота стартового разгона; время достижения максимальных значений силы и скорости; предельное время работы заданной мощности; подвижность в суставах; физическая работоспособность и др.



Продолжение таблицы 6

Состояние спортсмена	Возможные показатели
Техническое мастерство	объём, разносторонность, рациональность, эффективность, стабильность и устойчивость техники
Тактическое мастерство	объём, разносторонность и рациональность тактических действий
Волевые качества	различия в спортивных результатах, показанных на соревнованиях с большой и малой ответственностью или в опасных и неопасных условиях

Цель комплексного контроля – всесторонняя проверка уровня подготовленности спортсмена (физкультурника), проводимая во время этапных или углублённых комплексных обследований, регистрация показателей физического и психического состояния, уровня технико-тактического мастерства, особенностей соревновательной деятельности.

Выбор показателей комплексного контроля зависит от цели тестирования; она же определяет критерии, с помощью которых проверяется надёжность и информативность батареи тестов. В разных видах спорта программы комплексного контроля не одинаковы. В батарею тестов комплексного контроля подготовленности спортсменов должны входить информативные показатели состояния здоровья, телосложения, степени развития волевых и двигательных качеств, технико-тактического мастерства.

Как правило, любая программа комплексного контроля предполагает использование не одного, а нескольких тестов. Например, контроль за функциональной подготовленностью спортсменов может включать в себя следующие тесты: время бега на тредбане, ЧСС, максимальное потребление кислорода, максимальное усилие и т. п. Если для контроля используется один тест, то оценивать его результаты с помощью нескольких методов нет необходимости, и так видно, кто сильнее и насколько. Если же используется батарея тестов и они измеряются в разных единицах (например, сила – в кгс или Н; время – в с или мин.; МПК – в мл·кг<sup>-1</sup>·мин.<sup>-1</sup>; ЧСС – в уд.·мин.<sup>-1</sup> и т. п.), то сравнивать достижения по абсолютным значениям показателей невозможно. Эта задача решается путём приведения



численных значений результатов тестирования в очки, баллы, отметки, ранги, условные единицы и т. п.

На итоговую оценку квалификации спортсменов оказывают влияние возраст, состояние здоровья, экологические и другие особенности условий проведения контроля. С получением результатов измерения или тестирования контрольное испытание спортсмена не заканчивается. Необходимо дать оценку полученным результатам.

Оценкой (в педагогической деятельности) называется универсальная мера успеха в каком-либо задании, в частном случае – в тесте. Различают учебные оценки, которые выставляет тренер-преподаватель спортсмена по ходу учебно-тренировочного процесса, и квалификационные, под которыми понимаются все прочие виды оценок (в частности результаты официальных соревнований, тестирования и др.).

Процесс определения (выведения, расчёта) оценок состоит из следующих стадий:

1) подбирается шкала, с помощью которой возможен перевод результатов теста в оценки (очки или баллы);

2) в соответствии с выбранной шкалой результаты теста преобразуются в очки (баллы);

3) полученные очки сравниваются с нормами, и выводится итоговая оценка. Она характеризует уровень подготовленности спортсмена относительно других членов группы (команды, коллектива).

Перевести результаты тестирований в баллы (или условные единицы) можно разными способами. На практике для этого часто используют ранжирование, упорядочение зарегистрированного ряда измерений, метод приведения к единой размерности (по формуле:  $(X_i - \bar{X}_i) / \sigma^2$ ).

## 6.2 Контроль за соревновательной деятельностью

Соревновательная деятельность представляет собой организованное по определённым правилам соперничество с целью выявления и объективного сравнения спортивного мастерства.

Об эффективности соревновательной деятельности можно судить по результату, показанному на соревнованиях, или по степени его близости к результату, предсказанному на основании расчётов или контрольных прикидок. Однако соревновательный результат не содержит информации о ходе состязаний и, следовательно, не позволяет выявить сильные и слабые стороны в подготовленности

спортсмена и наметить пути устранения недостатков. Этим целям служат другие показатели, получаемые путём объективной регистрации соревновательной деятельности и анализа её состава (из каких элементов состоит) и структуры (как эти элементы связаны друг с другом).

Эта регистрация осуществляется в процессе обследования соревновательной деятельности, а основными направлениями его являются:

- определение общего числа и результативности технических действий;
- определение эффективности и устойчивости спортивной техники;
- контроль за спортивной тактикой;
- измерение физиологических и биохимических реакций организма в условиях соревнований и непосредственно после их завершения;
- контроль за психическими состояниями.

Чтобы дать количественную оценку соревновательной деятельности, необходимо объективно зарегистрировать её события. С этой целью ход состязаний записывают на видеокамеру, «наговаривают» на диктофон, стенографируют.

Стенографирование обычно ведётся двумя группами символов, которые несут информацию о том, какие действия и насколько успешно выполняет спортсмен. В зависимости от вида спорта (спортивные игры, единоборства, технико-эстетические) используются разные условные обозначения и сокращения терминов тех или иных действий.

Контроль за соревновательной деятельностью в циклических видах спорта обычно основывается на регистрации: действий спортсмена перед стартом и на старте; времени прохождения отдельных участков дистанции (в том числе время на вираже, время поворотов – в плавании, время преодоления барьеров, время на подъёмах и на спуске – в лыжных гонках) или всей дистанции, трассы (хронометрирование); длины и частоты шагов (в плавании и гребле – гребков).

При анализе подобных данных полезен следующий приём: время, затраченное на прохождение однотипных отрезков, суммируется и используется в дальнейшем анализе для сравнения подготовленности разных спортсменов.

Например, определяется суммарное время, затраченное разными участниками соревнований по биатлону на этапах стрельбы. Таким

образом можно определить слабое звено в подготовленности спортсмена.

Первичная обработка результатов стенографирования заносят в таблицы и используют их затем для вычисления количественных показателей и для построения графиков, характеризующих соревновательную деятельность. Активность и результативность технико-тактических действий оцениваются при контроле в спортивных играх и единоборствах. Результативность оценивается и в технико-эстетических видах спорта, тяжёлой атлетике и некоторых легкоатлетических дисциплинах.

Активность определяется общим числом выполненных технико-тактических действий. Например, подсчитывается число атак футбольной команды или число приёмов, которые борец пытался провести в схватке.

Для суждения о результативности отдельно фиксируют число успешно и неуспешно выполненных действий. Затем вычисляют процент успешности (отношение числа успешно выполненных действий к общему числу) и процент брака (отношение числа неудачных действий к общему числу).

Специфика каждого вида спорта предопределяет набор показателей активности (например, количество атак за игру) и результативности (успешность действий в атаке, обороне, передачах и подачах в волейболе).

Построение распределения частот (гистограмма) технико-тактических действий можно представить в виде графика, где по горизонтальной оси (абсцисс), представляющей шкалу наименований, отразить перечень технико-тактических действий (например, перечень ударных действий в боксе от 1 до 10), а по вертикали (ось ординат) отложить число случаев применения различных действий в спортивном поединке.

Активность в циклических видах спорта можно отразить в виде спидограммы (графики скорости передвижения). Для этого вычисляют среднюю скорость на отдельных отрезках дистанции и полученные величины откладывают на графике.

### **6.3 Контроль за техникой и тактикой**

Контроль за технической подготовленностью заключается в оценке того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения. Различают два основных метода контроля за техническим мастерством:

- 1) визуальный;
- 2) инструментальный.

Первая группа методов (визуальные) является наиболее распространённой, особенно в таких видах спорта, как спортивные игры, гимнастика, единоборства, фигурное катание и некоторые другие виды спорта. Наблюдения внешней картины движений, выявление их пространственно-временной структуры проводится как начальный этап экспертного оценивания.

Визуальный контроль за техническим мастерством проводится двумя способами: в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена и с помощью видеотехники. Второй способ более распространён, поскольку позволяет документально зафиксировать движения спортсмена, анализировать технику в динамике движения, использовать стоп-кадр и замедленное воспроизведение движения, что даёт возможность контролировать детали техники, а также исключает влияние соревновательной обстановки (эмоциональное восприятие экспертом или его увлечённость каким-то моментом и др.) на процесс наблюдения.

Таким образом, визуальный контроль – основное средство качественного анализа технического мастерства.

Контроль за технической подготовленностью заключается в оценке того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения. Различают два основных метода контроля за техническим мастерством:

- 1) визуальный;
- 2) инструментальный.

Первая группа методов (визуальные) является наиболее распространённой, особенно в таких видах спорта, как спортивные игры, гимнастика, единоборства, фигурное катание и некоторые другие виды спорта. Наблюдения внешней картины движений, выявление их пространственно-временной структуры проводится как начальный этап экспертного оценивания.

Визуальный контроль за техническим мастерством проводится двумя способами: в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена и с помощью видеотехники. Второй способ более распространён, поскольку позволяет документально зафиксировать движения спортсмена, анализировать технику в динамике движения, использовать стоп-кадр и замедленное воспроизведение движения, что даёт возможность контролировать детали техники, а также исключает влияние соревновательной

обстановки (эмоциональное восприятие экспертом или его увлечённость каким-то моментом и др.) на процесс наблюдения.

Таким образом, визуальный контроль – основное средство качественного анализа технического мастерства.

За эталонную технику выбирают техническое выполнение упражнения выдающимися спортсменами (в том числе технику чемпионов и рекордсменов мира и Олимпийских игр). При этом большое значение имеет не внешняя картина движения, а его динамическая структура (усилие, приложенное к опоре или снаряду). Поэтому спортивный результат во многом зависит от того, как точно спортсмен воспроизводит усилия, скорость их изменения, что в свою очередь зависит от степени совершенства внутренней организации движения (согласованность взаимодействия афферентных и эффекторных потоков информации).

Особое значение для количественной оценки техники движения имеют инструментальные методы исследования. Регистрации подлежат: время, скорость и ускорение движения в целом или отдельных его фаз; усилия, развиваемые при выполнении движений; положение тела или его сегментов; биоэлектрическая активность скелетных мышц и отделов головного мозга. Эти показатели подвергаются анализу (графоаналитическому, математико-статистическому и т. п.), результаты которого используются как критерии эффективности спортивной техники. Состав измерительных систем зависит от конкретной задачи исследования движения и может включать в себя большое разнообразие её элементов: скоростная видеосъёмка, оптико-электронные системы, системы регистрации кинематики движений, многофункциональная динамометрия, тензометрия, стабилметрия, гониометрия, оптронные пары, электромиография, электроэнцефалография, математическое моделирование и др.

С помощью этих методов определяются такие важные особенности технического мастерства:

- 1) объём;
- 2) разносторонность
- 3) эффективность техники.

Объём техники определяется общим числом действий, которые спортсмен выполняет на тренировочных занятиях и в соревнованиях.

Тренировочный объём техники спортсмена свидетельствует о его потенциальных возможностях.

Соревновательный объём техники вариативен и зависит от квалификации соперника, тактики поединка и т. п. Например, со



слабым соперником удаётся показать больший объём техники, а с сильным – меньший. Отношение соревновательного объёма к тренировочному свидетельствует о реализации потенциальных возможностей технического мастерства.

Разносторонность технической подготовленности спортсмена определяется степенью разнообразия двигательных действий, которыми владеет спортсмен. Тренировочная разносторонность, как правило, выше соревновательной. Частным случаем разносторонности техники является соотношение приёмов, например, выполняемых в правую и левую сторону (уклоны в боксе, приёмы в борьбе, повороты в плавании и др.).

Эффективность техники спортивного движения определяется по степени её близости к индивидуально оптимальному варианту.

Различают три группы показателей эффективности техники:

- 1) абсолютную;
- 2) сравнительную;
- 3) реализационную.

В принципе наиболее эффективной должна быть признана такая техника движения, которая обеспечивает достижение наивысшего результата.

Абсолютную эффективность определяют путём сопоставления показателей техники исследуемого движения с эталонными, на основе биомеханических, физиологических, психологических и эстетических соображений. При анализе абсолютной эффективности техники игровых действий рекомендуется использовать так называемый приоритетный подход.

Суть его заключается в выявлении роли различных факторов, обуславливающих конечный результат выполняемого действия. Например, установлено, какими должны быть биомеханически эффективные удары по мячу в футболе, волейболе, теннисе и т. п. Отсюда, если техника удара близка к биомеханически рациональной, то она рассматривается как наиболее эффективная. Однако это положение лишь отчасти справедливо, т. к. в ходе игры иногда более эффективным оказывается технический приём, выполняемый внезапно, скрытно и, с точки зрения биомеханики, совсем не рационально. В этом случае при анализе техники приоритет необходимо отдавать ситуационным, тактическим, психологическим и другим факторам, а степень приближения к её биомеханическому эталону рассматривать во вторую очередь.

Определение сравнительной эффективности техники предусматривает её сравнение с техникой спортсменов высокой



квалификации. Понятно, что техника движения весьма индивидуальна, поэтому в качестве образца целесообразно выбирать такой эталон (выдающегося спортсмена), который по физической и психологической кондиции наиболее близок тому, кого сравнивают. На практике в качестве образца часто используют усреднённую технику спортсменов высокой квалификации, что не всегда является корректным, особенно для единоборств и многих других видов спорта, где нужно показывать личный результат. Это обусловлено высокой степенью индивидуальности техники, которая не всегда совпадает с некоторой усреднённой, найденной по данным выдающихся спортсменов.

Специфика определения сравнительной эффективности техники в игровых видах спорта и единоборствах заключается в том, что эталонные значения достаточно вариативны. Так, если проанализировать данные конкретного спортсмена, полученные только в одной игре, то может оказаться, что в силу случайных событий эффективность его техники будет высокой, а в других играх – существенно меньше. Поэтому сравнивать нужно результаты, полученные в серии игр, сопоставляя средние арифметические и стандартные отклонения.

Нельзя сопоставлять технику спортсменов, выступающих в соревнованиях разного квалификационного уровня, в разных лигах и т. п. Например, коэффициенты эффективности техники баскетболистов, играющих в суперлиге и в высшей, могут быть одинаковыми, но из этого не следует, что игровые приёмы они выполняют одинаково успешно. Когда команды высшей лиги играют между собой, эффективность игровых действий может быть достаточно большой. Если же такая команда встретится с командой суперлиги, то показатели эффективности техники её игры резко снизятся.

Реализационная эффективность техники оценивается путём сопоставления результата, показанного в соревновательном упражнении, с тем достижением, которое спортсмен мог бы показать, если бы обладал отличной (эффективной) техникой движений. Общий подход к решению данной проблемы состоит в определении и измерении (тестировании) наиболее информативных (2-х – 5-ти) показателей двигательного потенциала спортсмена, а также результата упражнения, в котором оценивается техника движения. В последующем рассчитывается уравнение множественной регрессии

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5b_5,$$

где искомым значением ( $y$ ) является результат упражнения, оценивающего технику, а заданными значениями ( $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$ ) являются показатели двигательного потенциала. В этом случае, если должный и действительный результаты совпадают, уровень технического мастерства считается средним. По уравнению регрессии и доверительным границам составляют специальные таблицы или номограммы, с помощью которых можно оценивать уровень реализации технического мастерства – от выше до ниже среднего.

Контроль за освоенностью техники. Совершенствование технического мастерства осуществляется поэтапно, и на каждом из них необходимо контролировать освоенность техники движений. Для этого используют два критерия – результат упражнения и его биомеханические характеристики.

Выделяют два основных направления в контроле за освоенностью движений:

- 1) определение стабильности техники;
- 2) оценка устойчивости техники.

В первом случае движение выполняется в стандартных условиях (в процессе прикидок, контрольных соревнований, проводимых на тренировочных занятиях), когда влияние сбивающих факторов (утомления, эмоций и т. п.) на результат выступления незначителен.

Стабильность (малая вариативность) результатов и основных биомеханических характеристик при выполнении движений в относительно «комфортных» условиях будет свидетельствовать об их освоенности.

Однако нередки случаи, когда хорошо освоенные движения дают сбои, т. е. техника неустойчива. Устойчивость техники освоенного движения определяется степенью снижения её эффективности при эмоциональном возбуждении на ответственных соревнованиях, утомлении спортсмена, активном противодействии соперника, изменении внешних условий.

Так, например, у многих прыгунов в высоту или в длину на соревнованиях снижается результативность за счёт изменения некоторых биомеханических параметров движения относительно комфортных условий, что свидетельствует о неустойчивой технике прыжка.

Контроль устойчивости техники в связи с утомлением проводится как на соревнованиях, так и на тренировочных занятиях. Для этого измеряют биомеханические характеристики движений в начале и в конце упражнения (например, на отдельных отрезках бега

на 800 м), показатели эффективности техники в начале и в конце игры, поединка и т. п.

Оценка устойчивости техники спортивных движений в тренировочных занятиях и в соревнованиях позволяет определить причины её снижения и наметить пути их устранения. Увеличение разброса биомеханических показателей техники движения в тренировке и на этом фоне последующее выполнение упражнения приводит к ошибкам в движениях. Умение определить в процессе контроля этот момент имеет большое значение, так как повторение упражнений с ошибками приведёт не к совершенствованию техники движений, а к их закреплению.

Определяя освоенность движений, необходимо учитывать условия их выполнения, к которым можно отнести тип покрытия дорожки или поля и их состояние, спортивное оснащение, инвентарь и т. д.

Контроль спортивной тактикой. Тактикой называется совокупность способов ведения спортивной борьбы.

Элементами тактики являются тактические ходы: технико-тактические действия, а также приёмы психологического воздействия на соперника, выбора позиции и маскировки намерений.

Комбинации тактических ходов называются тактическими вариантами.

Тактическим мышлением называется способность быстро оценивать ситуацию и принимать оптимальное решение.

Выделяют пять групп количественных показателей тактического мастерства:

- 1) общий объём;
- 2) разносторонность;
- 3) рациональность;
- 4) эффективность;
- 5) освоенность тактики.

Общим объёмом тактики называется перечень тактических ходов и вариантов, которыми владеет спортсмен или команда.

Соревновательным объёмом тактики называются ходы и варианты, которые используются в условиях соревнований. Как правило, соревновательный объём тактики меньше общего объёма, причём тем меньше, чем ответственней соревнования.

Разносторонность тактики показывает, насколько разнообразен тактический арсенал спортсмена или команды. Одна из многочисленных классификаций тактических ходов делит их на:

- 1) монотонные;

- 2) острые;
- 3) дезинформирующие;
- 4) страховочные.

Монотонным называют тактический ход, лишённый элемента неожиданности и потому не оказывающий решающего влияния на результат состязания (например, в футболе большинство ведений мяча, коротких и поперечных передач).

Неожиданные, порой рискованные тактические ходы (перехваты мяча, длинные передачи, единоборства) называются острыми.

Дезинформирующий («ложный») тактический ход служит для маскировки истинных намерений («ложное действие», когда, например, футболист делает рывок без мяча, отвлекая внимание соперников от истинного направления атаки).

Страховочный ход применяется для предотвращения возможной атаки или контратаки соперника.

Различают общую и соревновательную разносторонность тактики. Нередко на тренировочных занятиях спортсмены демонстрируют разнообразную тактику, а соревновательный арсенал тактических ходов и вариантов оказывается весьма бедным и состоящим преимущественно из монотонных ходов. Это свидетельствует о недостаточно высокой тактической подготовленности спортсменов.

Эффективностью и рациональностью тактического варианта (хода) характеризуется возможность достижения поставленной цели при условии применения данного варианта.

Рациональность характеризует тактический ход (вариант) безотносительно к конкретному спортсмену. В видах спорта с объективно измеряемыми результатами существует две разновидности тактики в зависимости от того, какую цель ставит спортсмен перед собой: показать наилучший для себя результат или выиграть данные соревнования у вполне конкретных соперников (установка «на результат» или «на выигрыш»).

При второй установке не существует рациональных вариантов тактики, пригодных на все случаи. Всё зависит от индивидуальных особенностей спортсмена. Что же касается первой установки, то здесь возможны рациональные варианты, при которых с наибольшей вероятностью будет показан наилучший результат. Например, как следует распределить силы, чтобы пробежать дистанцию за заданное время с минимальными затратами энергии или чтобы минимальным было время бега?

Различные варианты распределения сил в видах спорта циклического характера принято называть «раскладками». Наиболее часто применяют следующие раскладки: равномерную по скорости, с понижающейся скоростью, с повышающейся скоростью, равномерную с ускорениями на старте и на финише. Чем меньше затрачивается энергии (определяемой по потреблению кислорода), тем экономичней признаётся раскладка.

Эффективность тактики характеризует тактическое мастерство конкретного спортсмена. Тактика тем эффективнее, чем ближе она к индивидуально оптимальному варианту. Способ контроля за эффективностью тактики совпадает с контролем за результативностью отдельных технико-тактических действий. В идеале каждый тактический приём должен выполняться успешно. Успешность того или иного тактического варианта определяется как процент случаев успешного его применения.

Поиск рациональной тактики имеет важное практическое значение в спорте. Оцениваемый тактический вариант часто сравнивают с наилучшим его вариантом. В роли такого наилучшего варианта могут выступать: индивидуально оптимальная тактика, найденная экспериментально, методом «проб и ошибок»; тактика спортсмена или команды более высокого класса, например тактика чемпиона; оптимальная тактика, найденная путём её моделирования.

Вместе с этим тактика зачастую представляет собой неудобный объект для экспериментирования. Сложно повторять раз за разом один и тот же спортивный поединок. Кроме того, тактика одного спортсмена (или команды) может совершенно не подходить другим. Поэтому более перспективным способом отыскания рационального варианта является его моделирование на ЭВМ.

Имитационным моделированием называется создание модели реальной системы и экспериментирование с этой моделью с целью понять закономерности поведения системы либо оценить эффективность различных вариантов её поведения. Само слово имитировать означает вообразить, постичь суть явления, не прибегая к экспериментам на реальном объекте.

Имитационные модели отличаются двумя особенностями:

- возможностью многократно воспроизводить моделируемые процессы (например, лыжную гонку) на ЭВМ и путём такого машинного эксперимента решать задачи оптимизации тактических вариантов (наиболее рациональных для данных профиля дистанции и условий скольжения);



- возможностью использовать как математические уравнения и неравенства, так и качественные, логические соотношения.

Инструментальные методы контроля за тактическим мастерством немногочисленны. В спортивных играх и единоборствах они предназначены для стенографирования соревновательной деятельности и для тестирования тактического мышления спортсменов.

Стенографирование соревновательной деятельности облегчается и становится более надёжным и объективным, если применять специальные механические приспособления или электронную технику (например, ноутбук). Каждая клавиша этих устройств может служить символом наблюдаемого тактического действия, а само считывание их количества за требуемый период времени может осуществляться счётчиками или с помощью программных средств. Нужно только вовремя нажимать на ту или иную клавишу, а затем считать полученную информацию.

Устройства для тестирования тактического мышления состоят из мультимедиа проектора с экраном, компьютера и клавишного манипулятора. Спортсмену демонстрируют на экране ряд фрагментов игры. Он должен как можно быстрее решить, кто из игроков его команды находится в данный момент в наиболее выгодном положении, и сообщить о своём решении нажатием соответствующей клавиши. Электронный вычислитель автоматически подсчитает суммарное время, затраченное на принятие решения, и число ошибок. Правильность или ошибочность решений определяется путём сравнения их с решениями, полученными заранее методом экспертизы.

В видах спорта циклического характера используются автоматические устройства для измерения скорости передвижения спортсмена по дистанции, а также тренажёры, имитирующие условия соревновательной деятельности (велозргометр, гребной бассейн, тредбан, гидродинамический бассейн).

Использование инструментальных методов значительно повышает надёжность регистрации показателей тактической подготовленности и, кроме того, существенно уменьшает трудоёмкость контроля. Например, среднее время на подсчёт показателя (процента) успешности нападающего действия в волейболе при использовании ЭВМ в 100 раз меньше, чем это делать вручную.



## 7 Контроль за физической подготовленностью

Контроль физической подготовленности включает измерение уровня развития двигательных качеств: скорости или быстроты, силы, выносливости, гибкости, ловкости и т. п. Возможны три основных варианта тестирования:

- комплексная оценка физической подготовленности с использованием широкого круга разнообразных тестов;
- оценка уровня развития какого-либо одного качества (например, абсолютной силы у тяжелоатлетов);
- оценка уровня развития одной из форм проявления двигательного качества (например, уровня силовой выносливости).

При тестировании физической подготовленности необходимо предварительно:

- определить цель тестирования;
- обеспечить стандартизацию измерительных процедур;
- выбрать тесты с высокой надёжностью и информативностью, техника выполнения которых сравнительно проста и не оказывает существенного влияния на результат;
- освоить тесты настолько хорошо, чтобы при их выполнении основное внимание было направлено на достижение максимального результата, а не на стремление выполнить движение технически правильно;
- максимальную мотивацию на достижение предельных результатов в тестах, кроме стандартных функциональных проб, где этого не требуется.

### 7.1 Скоростные качества

Скоростные качества спортсмена проявляются в способности выполнять движения в минимальный промежуток времени.

Принято выделять элементарные и комплексные формы проявления скоростных качеств.

Элементарные формы включают в себя:

- время реакции;
- время одиночного движения;
- частоту (темп) локальных движений.

Комплексные формы представлены быстротой выполнения контрольных упражнений (например, временем бега на 30 м, челночного бега – 3 по 10 м и т. п.) и спортивных движений (временем

спринтерского бега, ускорением футболиста или хоккеиста, периодом времени броска в борьбе и т. п.).

Время выполнения любого упражнения складывается из двух переменных: времени реакции (ВР) и времени движения (ВД). «Удельный вес» ВР зависит от характера спортивных движений: в единоборствах и спортивных играх, где значения ВР сопоставимы с временем последующего движения, удельный вес времени реакции будет наибольшим (около 50 %), а в видах спорта циклического характера (в беге на 100 м и беге на 1000 м) будет небольшим – 2–3 % и 0,02 %, соответственно.

Различают:

- простые реакции;

- сложные реакции:

а) реакция выбора;

б) реакция на движущийся объект.

Время простой реакции обычно измеряют с помощью хронорефлексометра. Сигналом могут служить: световой, звуковой, тактильный (температурный) раздражители. Например, в стартовые колодки помещаются контактные датчики, соединённые со стартовым пистолетом и устройством измерения времени: при выстреле запускается измерительное устройство, а замыкание контакта датчиков в колодках останавливает его. По аналогии осуществляется регистрация времени простой реакции при ударе по мешку в боксе или фехтовании.

В соревновательных условиях способ измерения времени реакции обуславливается особенностями условий выполнения элементов упражнения.

Сложная реакция характеризуется тем, что спортсмен должен выполнить движение на один из заданных типов сигналов, например на конкретный цвет, звук, игровую или боевую ситуацию. Таким образом, оценив ситуацию, спортсмен принимает решение и нажимает одну из кнопок на пульте измерительной системы, тем самым останавливая время на хронометре. Результатом такого тестирования будут: время реакции; точность принятого решения.

Измерение ВР на движущийся объект предполагает ответ определённым движением, например на прямой удар справа в голову в боксе, взброс мяча или шайбы, изменение траектории движения точки на экране монитора и т. п.). У опытных спортсменов, которые достаточно точно предугадывают движения противника или мяча, ВР на движущийся объект может быть значительно меньше.

Длительность реакций всех типов зависит от многих факторов: вида спорта, возраста, квалификации и состояния спортсменов в момент измерения ВР, сложности и освоенности движения, которым он реагирует на сигнал. В связи с этим вариативность ВР как показателя скоростных качеств (внутри индивидуальная, меж индивидуальная) оказывается весьма значительной (коэффициент вариации может составлять от 2,0 до 18,0 %).

Одной из форм проявления скоростных качеств является частота одиночных движений, которую можно оценивать по их количеству ( $I$ ) в единицу времени ( $t$ ) или темпу ( $N = I/\Delta t \text{ c}^{-1}$ ). В случае строгой регламентации (стандартизации) времени теста допускается представлять данные измерений в количестве движений ( $K$ ).

При отсутствии инструментальных методов измерения частоты одиночного движения можно применять относительно простые методы. Например, предлагается выполнить 5 выпрыгиваний или 5 приседаний заданной амплитуды с максимально возможной скоростью, при этом с помощью секундомера регистрируется время выполнения этого задания с последующим расчётом времени одиночного движения. По аналогии применяются тесты с максимально возможным количеством движений руками в вертикальной и горизонтальной плоскости или маховые движения ногами за единицу времени.

Часто для определения частоты движений используют показатели темпа локальных движений (тейпинг-тест, от англ. taping-test). Например, одна из процедур проведения такого теста заключается в постукивании кистью (из положения, сидя на стуле, рука лежит на столе, предплечье фиксировано) или стопой (из положения сидя на стуле, пятка фиксирована) с максимально возможной частотой за 5 или 10 с. При наличии специальных датчиков и программных средств эти тестирования проводятся с использованием персонального компьютера.

Также для контроля, за элементарным проявлением скоростных качеств широко применяется контрольное упражнение в виде бега на месте с высоким подниманием бедра (параллельно опоре) в максимальном темпе в течение 10 с. Число шагов подсчитывается визуально (удобнее под одну ногу, с последующим удвоением).

Темп движений как проявление быстроты изменяется с возрастом и имеет гендерные особенности.

Важно заметить, что по мере развития утомления темп движений обычно изменяется; вначале в некоторых движениях может наступать учащение за счёт уменьшения размаха движений. При сильном

утомлении движения становятся реже, их темп снижается, частота уменьшается. При разной степени владения техникой темп движений раскрывает особенности совершенства действий. Это более убедительно, когда одновременно изучаются и другие биомеханические характеристики. Количественные изменения темпа часто отражают существенные изменения структуры движения. Поэтому в ряде случаев темп может служить одним из показателей степени совершенства движений.

Результаты тестов на частоту одиночных движений позволяют судить о состоянии физического качества быстроты, как отражение функциональной подвижности нервных процессов и возможности мотонейронов (кортикоспинальных) генерировать эффекторные импульсы, а также лабильности скелетных мышц, участвующих в данном движении.

Комплексные формы скоростных качеств могут быть представлены быстротой выполнения контрольных упражнений и спортивных движений. Например, скоростные возможности спортсменов оцениваются по результатам в беге на 30, 60 и 100 м. В таких тестах учитываются вариант старта (низкий, высокий) и правила соревнований по лёгкой атлетике.

Часто в батарею тестов оценки скоростных качеств включают челночный бег.

Один из вариантов его проведения имеет вид: на площадке отмечается расстояние, равное 10 м, с двух концов которого чертятся полукруги радиусом 0,5 м. На одной из сторон дистанции в этот полукруг кладётся кубик, а другая сторона дистанции используется в качестве стартовой линии. Последовательность проведения этого теста включает в себя следующее: под команду стартера исследуемый бегом проходит расстояние до кубика, берёт его и несёт на противоположную сторону дистанции, где кладёт его на линию полукруга, а затем также бегом возвращается назад, теперь уже к финишу. Таким образом, каждый участник тестирования выполняет челночный бег 3 раза по 10 м. Результат тестирования фиксируется хронометром. Предполагается, что данное контрольное упражнение позволяет оценивать одну из сложных форм проявления быстроты, которая включает в себя комплексные двигательные действия циклического и ациклического характера. Всё это требует высокой координации движений, что обуславливается центральными механизмами управления и, особенно, точностью работы промежуточного («С») уровня управления движением.

Добротность скоростных тестов. Информативность некоторых показателей быстроты движения не имеет универсального характера; её величина существенно различна для спортсменов разных квалификационных групп, видов спорта и индивидов. Поэтому при контроле за скоростными качествами спортсменов нужно ориентироваться не только на общие показатели (для группы спортсменов определённой квалификации), но и на специфические (для конкретного спортсмена). Последние особенно важны в организации контроля за подготовленностью высококвалифицированных спортсменов. В этом случае следует использовать индивидуальные системы оценок, в частности индивидуальные нормы.

Надёжность тестов для контроля за скоростными качествами зависит от сложности тестов и от того, насколько хорошо они освоены спортсменами. Наибольшей надёжностью отличаются простые в координационном отношении тесты, как, например, бег с максимальной скоростью на 10-30 м, повторяемость результата которого имеет высокий коэффициент корреляции ( $r = 0,85 - 0,95$ ).

Надёжность этих же упражнений с ведением мяча или шайбы, с обеганием стоек оказывается существенно меньшей ( $r = 0,70 - 0,80$ ). Ещё менее надёжны тесты для контроля за скоростью, где необходимо дополнительно выполнять передачи мяча, отбор, удары в цель и т. п.

Эквивалентность скоростных тестов, устанавливаемая по корреляции между их результатами, указывает на высокую степень связи, когда измеряется время простой неспецифической реакции на звуковой, световой и тактильный раздражители, т. е. при гомогенных тестах. Однако время двигательной реакции для различных частей тела (рука, нога, челюсть) и раздражителей разной модальности неодинаково, что сопряжено с разным прохождением нервного сигнала в цепи «рецептор – ЦНС – эффектор».

Зависимости между показателями времени простых специфических реакций невелики. Это объясняется тем, что быстрота таких реакций в значительной степени обусловлена освоенностью следующих за реакцией движений. Поэтому быстро реагирующий на стартовый сигнал спринтер может не оказаться столь же быстрым в момент старта в лыжной гонке, лёгкой атлетике, плавании и т. п. Это означает, что способность к быстрому выполнению элементарных двигательных заданий (время движения и реакции, максимальный темп при движении в одном суставе) мало связана со способностью к быстрому выполнению многосуставных движений.



## 7.2 Контроль за силовыми качествами

Силовые качества проявляются в способности преодолевать внешнее сопротивление или противодействие ему посредством мышечных напряжений.

При контроле за силовыми качествами учитывают обычно три группы показателей:

- 1) основные (мгновенные значения силы в какой-либо момент движения, в частности максимальную силу, среднюю силу);
- 2) интегральные – импульс силы;
- 3) дифференциальные – градиент силы и т. п.

Максимальная сила наглядна при многих спортивных движениях, но при быстро выполняемых упражнениях сравнительно плохо характеризует конечный результат движения (например, связь между максимальной силой отталкивания и высотой прыжка может быть очень низкой). Согласно законам механики, конечный эффект действия силы, в частности усилии, достигнутое в результате изменения скорости движения тела, определяется импульсом силы. При постоянно действующей силе импульс силы будет соответствовать произведению силы на время её действия ( $F \cdot \Delta t$ ). В других условиях, при ударных взаимодействиях, расчёты импульса силы проводятся путём интегрирования.

Средняя сила – это условный показатель, равный частному от деления импульса силы на время её действия. Введение средней силы равносильно предположению, что на тело в течение того же времени действовала постоянная сила (равная средней).

Градиент силы и другие дифференциальные показатели вычисляются путём применения математических операций.

Более подробную информацию об этих и других силовых характеристиках движения можно получить в учебниках по биомеханике физических упражнений.

Различают два способа регистрации силовых качеств:

- 1) без измерительной аппаратуры (например, по тому наибольшему весу, который способен поднять или удерживать спортсмен);
- 2) с использованием измерительных устройств – динамометров или динамографов (например, современные системы силовых станций), а также тензометрических систем (с помощью встроенных тензодатчиков можно регистрировать силы реакции опоры, отталкивания, ударных действий и др.).



В массовом спорте об уровне развития силовых качеств часто судят по результатам соревновательных или контрольных упражнений. Существует два способа контроля за силовыми качествами:

1) прямой – максимум силы разных форм движений (сгибания, разгибания, статические усилия). Здесь применять более сложные по координации движения нецелесообразно, т. к. результат в них в значительной степени зависит от технического мастерства;

2) косвенный – измеряют не столько абсолютную силу, сколько скоростно-силовые качества или силовую выносливость. Для этого используют такие упражнения, как прыжки в длину и высоту с места, метания гранаты или набивных мячей, подтягивание на перекладине, вис и т. п. В этих случаях об уровне развития качеств судят по метрическим (м, с) и не метрическим (кол-во раз) параметрам. Исходя из обратной зависимости между силой движений и скоростью их выполнения можно контролировать характер силовых проявлений: упражнение со значительным отягощением (70–100 % от максимального) соответствует проявлению собственно силовых качеств; в зоне от средних отягощений (30–60 %) – скоростно-силовых; при малых (5–25 %) – скоростных.

Понятие «максимальная сила» используется для характеристики абсолютной силы, проявляемой без учёта времени, а также силы, время действия которой ограничено условиями движения. Например, вертикальная составляющая максимальной силы отталкивания в движении, моделирующем беговой шаг, составляет 4000 Н; реальная же вертикальная сила отталкивания в ходьбе равна 700 Н (10 Н·кг массы спортсмена), в беге – 2000 Н (30 Н·кг).

Максимальная сила измеряется в специфических и неспецифических тестах. В первом случае регистрируют силовые показатели в соревновательном упражнении или близком к нему по структуре двигательных действий. Во втором случае чаще всего используют силовые станции, на которых измеряют силу групп мышц в стандартных движениях (сгибания или разгибания сегментов тела).

В зависимости от задач исследования регистрируют максимальную динамическую или статическую силу.

Известно, что в зависимости от суставного угла величина проявляемой силы может значительно меняться. Так, например, показано, при угле в коленном суставе в 150° сила разгибателей составила 3600 Н, а при угле в 130° – только 2520 Н. Причина этого явления – изменение длины и силы тяги мышц при разных суставных углах.

При измерении силы в односуставных движениях фактически регистрируют её момент, величина которого зависит от длины плеча силы и величины проявляемой силы (модуля силы). Поэтому точность результатов измерений оказывается тем большей, чем прочнее и стандартнее фиксируется тело спортсмена (или сустав) во время измерения. Даже небольшое изменение позы при повторных измерениях может значительно повлиять на конечный результат. Так как в сгибательных и разгибательных движениях регистрируется не сила, а её момент, то в строгом смысле результаты измерений должны быть представлены не в ньютонах (Н) или килограммах силы (кгс), а в ньютонметрах (Нм) или килограммометрах (кгм).

Зарегистрированные в ходе измерений показатели силы называют абсолютными; расчётным путём определяют относительные показатели (отношение абсолютной силы к массе тела). Их значения у спортсменов с большей массой тела меньше, чем у более лёгких спортсменов. Зависимость «сила – масса тела» описывается уравнением

$$F = a \cdot m^{0.667}, \quad (11)$$

где  $F$  – сила (результат в силовом тесте);  $a$  – константа;  $m$  – масса тела.

Это уравнение позволяет рассчитывать эквивалентные силовые показатели для спортсменов с разной массой тела. Например, расчёты показывают, что эквивалентными можно считать результаты в толчке штанги: 218 кг для тяжелоатлетов весовой категории 90 кг, 206 кг – 82,5 кг, 193 кг – 75 кг, 180 кг – 67,5 кг, 166 кг – 60 кг.

Добротность силовых тестов. Информативность силовых тестов применительно к разным критериям неодинакова. Изменяется она и при изменении состава спортсменов (в разных видах спорта). В некоторых случаях информативность силовых тестов может определяться по соотношению динамики их результатов к динамике конкретного спортсмена в соревновательном упражнении. В свою очередь надёжность силовых тестов зависит от их сложности и способа измерения результатов. Наиболее надёжны тесты, измерения в которых проводятся механическими динамометрами. Сравнительно высокой надёжностью характеризуются такие параметры, как градиенты силы и максимальной силы, измеряемой тензометрическими системами.

Важно иметь в виду, что с возрастом и ростом тренированности происходит закономерное изменение силовых показателей, отсюда изменяется и добротность применяемых тестов.

Повторное тестирование с целью определения стабильности и надёжности силовых показателей через разные промежутки времени (через месяц, год, два и три года) указывает на достаточно высокую степень воспроизводимости результатов. Полученная информация о стабильности результатов через большой период времени (1–3 года) позволяет определить, какие тесты и в каком возрасте лучше использовать для прогноза результатов.

Необходимо также учитывать относительную стабильность показателей, когда дети, показывающие лучшие результаты в раннем возрасте, сохраняют это преимущество все последующие периоды жизни. Вместе с этим, несмотря на общую закономерность онтогенеза организма, нельзя забывать о его индивидуальных особенностях темпов роста и морфофункционального развития, что проявляется, в частности, в разной интенсивности формирования и становления двигательных качеств. Поэтому у одних индивидов можно наблюдать максимум роста силовых способностей раньше (впрочем, как и других качеств), а у других – гораздо позже.

### 7.3 Контроль за выносливостью

Выносливость – это способность длительно выполнять упражнения без снижения их эффективности. Близко к понятию «выносливость» понятие «физическая работоспособность», под которой понимают возможность человека выполнять физическую работу.

Выносливость и физическая работоспособность спортсмена определяются рядом факторов: функциональными возможностями физиологических, биоэнергетических систем организма, совершенством управления внутри- и межмышечными координациями (внутренняя организация движения, внешне выраженная в технике движения), мотивацией и способностью психогенной сферы деятельности мозга противостоять утомлению и т. п. Среди этих факторов особое значение часто (в большинстве в циклических видах спорта) отводится возможностям аэробных и анаэробных источников энергии. Однако между производительностью этих энергетических систем, с одной стороны, и выносливостью, с другой, не всегда выявляется функциональная связь, что иногда связывается с разной техникой движений. Последнее, конечно, имеет

важное значение в обеспечении выносливости, но если сравнивать технику бега на 1500 и 10000 м, то сложно принять утверждение о столь разной технике.

Принято различать виды выносливости – общей, скоростной, силовой и др. С точки зрения метрологии, выносливость (также как быстрота, ловкость и гибкость) не имеет своей единицы измерения. Поэтому она изучается с помощью косвенных показателей (время, путь, мощность, потребление кислорода, ЧСС, лёгочная вентиляция, температура тела, биохимические показатели крови и мышечной ткани и т. п.).

Выносливость измеряется двумя группами тестов:

1) неспецифические – по результатам, которых оцениваются потенциальные возможности спортсмена эффективно соревноваться или тренироваться в условиях нарастающего утомления:

- а) бег на тредбане;
- б) педалирование на велоэргометре;
- в) степ-тест.

Условия выполнения этих тестов должны быть стандартизированы – измерению обычно подлежат эргономические (время, объём и интенсивность выполнения заданий) и физиологические (потребление кислорода, ЧСС, порог анаэробного обмена и др.) показатели.

2) специфические – результаты которых указывают на степень реализации этих потенциальных возможностей. Специфическими считают такие тесты, структура выполнения которых близка к соревновательной. Поэтому для бегунов тестирование на тредбане, а для велосипедистов на велоэргометре можно, с определённой относительностью, рассматривать как методы контроля за специальной выносливостью.

В качестве показателей качества выносливости используют основные эргометрические характеристики:

- 1) время;
- 2) объём;
- 3) интенсивность выполнения упражнения.

При каком-либо двигательном задании измеряется один или несколько параметров, характеризующих выносливость, или работоспособность.

Определяя критерии оценки выносливости, необходимо учитывать её возрастные и гендерные особенности.

Уровень выносливости у каждого спортсмена в циклических видах спорта по отношению к его скоростным возможностям

неодинаков. Различия можно определить количественно по так называемому запасу скорости или коэффициенту выносливости.

Запас скорости определяется как разность между средним временем бега эталонного отрезка и лучшим временем на этом отрезке.

Коэффициент выносливости ( $KB$ ) – это отношение времени преодоления всей дистанции к времени преодоления эталонного отрезка: чем он меньше, тем больше уровень выносливости.

Например, время на дистанции 400 м – 47,0 с ( $t$ ), а лучшее время на коротком («эталонном») отрезке 100 м – 10,7 с ( $t_{эт}$ ), тогда

$$KB = 47,0 / 10,7 = 4,392$$

Точно так же при измерении выносливости в упражнениях силового характера (по числу повторений упражнения с отягощением) необходимо зарегистрированные результаты соотносить с уровнем развития максимальной силы в этом упражнении.

Важным условием обеспечения выносливости и физической работоспособности является оптимизация и стабильность техники спортивных движений. Поэтому, чем меньше изменяются биомеханические показатели в конце упражнения, тем выше уровень выносливости. Пороговыми значениями наступления утомления и, соответственно, снижения выносливости и физической работоспособности могут служить: нарушение внешней структуры (техники) и ритма движений, увеличение амплитуды колебаний (поперечных, вертикальных) центра тяжести тела и размаха траектории движения звеньев тела относительно оптимальных значений (например, регистрируемых по траектории перемещения весла в гребле).

По аналогии значительные увеличения физиологических параметров по мере мышечной нагрузки свидетельствуют об усилении напряжённости функций, что также может служить критерием снижения выносливости.

Выносливость измеряется с помощью гетерогенных тестов, результаты которых определяют как минимум два фактора: функциональные возможности и степень развития волевых качеств. Одинаковые значения показателей предельного времени работы, МПК, максимального кислородного долга и т. п. у двух спортсменов ещё не дают основания утверждать, что у них одинаковая выносливость. Например, первый спортсмен выполнил тестирующее задание с полной мобилизацией волевых качеств, а второй прервал



работу при первых признаках утомления, когда энергетические затраты организма ещё не достигли своего максимума.

Необходимость выявления истинной оценки выносливости необходима для планирования тренировочного процесса: в рассматриваемом примере для второго спортсмена требуется ввести в задания расширение волевых качеств.

Очевидно, что с помощью максимальных тестов, где сложно определить удельный вклад функциональных возможностей и волевых качеств, точно оценить истинный уровень развития выносливости не представляется возможным.

Сделать это можно с использованием субмаксимальных (стандартных) тестов, когда не требуется предельных волевых напряжений и результат определяется по функциональным параметрам организма, которые при задании составляют: по потреблению кислорода – 70 %, а по ЧСС – 85 % от максимальных их значений. При этом, составляя уравнение регрессии, можно предсказать, какими были бы показатели выносливости, если бы спортсмен выполнил предельную нагрузку. Примерный вид уравнения регрессии при субмаксимальной работе

$$МПК = 6300 - 19,26 \cdot ЧСС$$

Добротность тестов на выносливость. Надёжность показателей выносливости оценивается с помощью метода повторного тестирования либо метода параллельных форм (когда спортсмен выполняет разные по форме тесты, оценивающие один и тот же вид выносливости). Критерием надёжности тестов служит высокий коэффициент корреляции.

Информативность показателей выносливости определяется в два этапа. На первом – в процессе теоретического анализа определяют вклад различных факторов в спортивный результат. Например, для бегунов-стайеров принимают во внимание, что энергия, необходимая для бега на 5 и 10 км, приблизительно на 95 % обеспечивается путём аэробных источников энергии. Следовательно, основной показатель для контроля должен отражать аэробные возможности организма. На втором – измеряют результаты в тестах, а затем сопоставляют их с одним или несколькими критериями (результаты соревновательных упражнений) путём того же корреляционного анализа. Показано, что тесты, характеризующие аэробные возможности (МПК, PWC170 и т. п.), обладают высокой информативностью для определения



выносливости стайеров (судя по спортивному результату) в циклических видах спорта.

Эквивалентными обычно оказываются показатели, характеризующие одно и то же проявление выносливости. Например, специальная выносливость пловцов может определяться двумя способами: 1) по времени повторного проплывания 6 по 50 м с интенсивностью 90 % от максимальной и интервалами отдыха 10 с; 2) по длительности плавания с интенсивностью 90 % от максимальной (результатом является либо длина дистанции, либо время плавания, в течение которого спортсмен поддерживал заданную интенсивность). Коэффициенты корреляции между результатами обоих заданий составляют 0,70–0,85, что указывает на высокую эквивалентность тестов. На практике целесообразно применять первый тест, т. к. он проще по организации.

Данные показывают, что большинство специфических и неспецифических тестов, используемых в разных видах спорта для контроля за аэробными возможностями спортсменов, эквивалентны, а значит, они могут замещать друг друга. В свою очередь, эквивалентность специфических и неспецифических тестов для контроля за анаэробными возможностями невелика ( $r = 0,3-0,6$ ). Предполагается, что это обусловлено большим влиянием техники движений на результаты тестирования в подобного рода упражнениях.

Следует иметь в виду, что между различными видами выносливости (общей, скоростной, силовой и т. п.), как правило, нет зависимостей.

#### 7.4 Контроль за гибкостью

Гибкость – это способность выполнять движения с максимальной амплитудой в суставах. Гибкость обусловлена морфофункциональными свойствами опорно-двигательного аппарата, определяющими степень подвижности его звеньев (строение суставов; эластичность мягких тканей; взаимодействие мышц, обеспечивающих движение и др.). Термином «гибкость» правомерно пользоваться в тех случаях, когда речь идёт о суммарной подвижности в суставах (биоцепи) тела. Применительно же к отдельным суставам правильнее говорить «подвижность».

При контроле за этим качеством выделяют два вида проявления подвижности (размаха) в суставах: активную и пассивную гибкость.

Активная гибкость является показателем максимальной амплитуды движения в суставах за счёт активной тяги мышц, управляющих данной биоцепью или биоэвеном.

Пассивная гибкость определяется наибольшей амплитудой движения биоэвена или биоцепи тела, которая достигается за счёт внешней силы (собственная масса тела, внешнее отягощение или давление и т. п.). Для объективной оценки пассивной гибкости важно стандартизировать внешнюю силу. Величину пассивной гибкости определяют в момент, когда действие внешней силы вызывает болевые ощущения. Следовательно, показатели пассивной гибкости гетерогенны и зависят не только от состояния суставного и мышечного аппарата, но и от способности спортсмена терпеть неприятные ощущения. Поэтому необходимо так мотивировать его, чтобы он не прекратил тест при появлении первых признаков боли.

Пассивная гибкость всегда больше активной. Разница между величинами активной и пассивной гибкости называется дефицитом активной гибкости. Эта величина может рассматриваться как критерий состояния суставов и мышечного аппарата спортсмена.

Показатели гибкости зависят от времени тестирования (с утра меньше, чем к вечеру), температуры окружающей среды (при 30 °С гибкость больше, чем при 10 °С), разминки спортсмена (повышение температуры мышц способствует увеличению подвижности и гибкости). Поэтому измерять это качество следует в стандартных условиях.

Гибкость, так же как и подвижность, измеряется в угловых (градус, рад) и линейных (см) единицах. Сделать это можно следующими способами: механическим, механоэлектрическим, оптическим, рентгенографическим.

Механическая регистрация подвижности в суставе осуществляется с помощью механического гониометра – угломера, к одной из ножек которого прикреплён транспортир. Ножки гониометра крепятся на продольных осях сегментов, образующих сустав. При выполнении движения (разгибание, сгибание, вращение) изменяется угол между осями сегментов. Изменение данного угла регистрируется визуально по транспортиру.

При механоэлектрическом методе транспортир заменяется потенциометром (датчиком): изменение угла в суставе сопровождается изменением сопротивления датчика, что и фиксируется на индикаторе (омметре) или регистрирующем устройстве в виде гониограммы. Этот метод более точен.

Оптические методы измерения гибкости и подвижности основаны на применении цифровой фото- и видеорегистрации. На суставных точках спортсмена крепят датчики (маркеры), изменение взаиморасположения которых фиксируется регистрирующей аппаратурой. Точность оптических методов зависит от следующих факторов: погрешности регистрирующей аппаратуры; способов крепления маркеров на суставных точках и величин их смещения при выполнении движения; погрешности анализа фото- и видеоматериалов.

Наиболее предпочтительным из оптических методов является стереоциклография в комплексе с компьютером. Этот метод позволяет регистрировать амплитуду движения в трёхмерном пространстве.

Рентгенографический метод позволяет определить теоретически возможную амплитуду движения в суставе исходя из разности поверхностей суставной впадины (ямки) и головки. Например, поверхность суставной впадины лопатки в поперечной плоскости имеет  $70^\circ$ , а головки плечевой кости  $-140^\circ$ . Следовательно, теоретически размах движения в плечевом суставе будет составлять  $140^\circ - 70^\circ = 70^\circ$ . Конечно, это лишь теоретическая величина, на практике возможна и большая подвижность сустава за счёт искусственного подвывиха в нём. В видах спорта, требующих большой амплитуды движения в суставах, этот эффект (подвывих) становится привычным. Это достигается путём введения в тренировочные задания специальных упражнений, направленных на повышение эластичных свойств суставных мягких тканей и укрепление мышц, фиксирующих сустав.

В педагогической практике часто используют простейшие методы изменения комплексного проявления гибкости (когда она зависит от подвижности во многих сочленениях и не представляется возможным определить удельный вклад каждого из них в суммарный конечный результат измерения). Например, гибкость позвоночного столба определяют по степени наклона туловища вперёд, назад и в стороны. Чтобы определить степень наклона туловища вперёд из положения стоя, надо встать на скамейку и, не сгибая ног в коленях, до предела наклониться вперёд (медленно), зафиксировав крайнее положение на 1–2 с. Измеряют расстояние от поверхности скамейки до кончиков средних пальцев рук (в см). Если пальцы не достают до верхнего края скамейки, то величина показателя гибкости обозначается со знаком минус, если опускаются ниже – со знаком плюс.

Более объективным способом контроля гибкости позвоночного столба считается максимальный наклон вперёд из положения сидя на полу; расстояние между стопами около 30 см, ступни вертикально, руки вперёд-внутрь ладонями книзу. В качестве измерителя можно использовать предварительную разметку, линейку или сантиметровую ленту, положенную между стопами вдоль ног. Нулевая отметка находится на уровне пяток испытуемого. Не позволяя сгибать ноги при наклоне, исследователь прижимает колени исследуемого к полу. Выполнив максимальный медленный наклон (ладони скользят вперёд по линейке), исследуемый должен задержаться в этом положении 1–2 с. В этот момент времени результат фиксируется по кончикам средних пальцев с точностью до 1 см и записывается: со знаком плюс, если пальцы были дальше уровня пяток; со знаком минус, если не достигли нулевой отметки.

Такие и подобные (размах поворота туловища право, влево и т. п.) комплексные методы измерения гибкости считаются весьма относительными, т. к. здесь может возникать значительная погрешность в связи с разной длиной конечностей и туловища, даже при одной и той же длине тела у отдельных спортсменов. Поэтому, чтобы повысить качество измерения, следует соотносить полученные в ходе измерения параметры с длиннотными параметрами сегментов тела.

Добротность тестов на гибкость. В стандартных условиях надёжность показателей гибкости высокая ( $r = 0,85-0,95$ ). Информативность тестов на гибкость зависит от того, насколько амплитуда тестирующего движения совпадает с амплитудой соревновательного движения. Наибольшая информативность показателей гибкости маховых движений ногами отмечается у футболистов, барьеристов, прыгунов в высоту и длину.

Эквивалентность тестов на гибкость сравнительно невысока: спортсмен, отличающийся высокой гибкостью в одних упражнениях, может иметь низкие показатели гибкости в других. Поэтому для оценки так называемой общей гибкости необходимы её измерения в разных сочленениях и в разных движениях.

## 7.5 Контроль за ловкостью

Ловкость характеризуют такие свойства действий, как:

1) умение выполнять координационно сложные движения;

2) выполнять их точно (точность в данном случае означает, что биомеханические характеристики выполняемого движения близки к эталонным);

3) способность быстро обучаться новым движениям с заданным уровнем точности;

4) быстро перестраивать свою двигательную деятельность в соответствии с требованиями внезапно изменяющихся внешних условий.

Ловкость – сложное, комплексное качество, во многом связанное с координационными способностями, точностью движений и функцией равновесия.

В отличие от ловкости, координация движений – это умение согласовывать движения различными частями тела при выполнении двигательных действий. Зрительно это воспринимается как чёткое гармоничное сочетание движений по ритму, темпу, направленности и амплитуде; физиологически это обусловлено навыком, быстро перераспределять степень мышечного напряжения и расслабления, что обеспечивает быстроту двигательных реакций, регулируемых ЦНС.

Показатели ловкости, характеризующие умение выполнять координационно сложные движения и точность их выполнения, используются для контроля над эффективностью техники, а показатели времени перестройки двигательной деятельности – для определения быстроты сложной двигательной реакции и тактического мышления.

Исследовать координационные способности позволяет, например, челночный бег. Длина отрезков в этом упражнении может быть равной 5–10 м, а их количество – от 3 до 10.

При оценке точности движений различают три параметра: пространственный, временной и силовой. Методика определения точности по каждому из параметров одинакова – исследуемому предлагают выполнить какое-либо движение, строго регламентированное в пространстве, во времени или по степени мышечного усилия. Регистрируются ошибки при воспроизведении заданного параметра движения. Чем меньше величина этих ошибок (отклонение от задания), тем совершеннее точность движений.

В качестве контрольных упражнений могут быть: отведение или сгибание конечностей до заданного угла без контроля зрения; ходьба по периметру размеченного квадрата с завязанными глазами; выполнение каких-либо движений (приседаний, махов руками, ходьбы, бега и т. п.) в течение точно заданного интервала времени по



собственному «ощущению» времени; не глядя, воспроизвести на динамометре усилие в половину максимальной силы кисти; выполнение без разметки прыжка в длину с места на расстояние, равное половине личного максимального результата, и т. п.

Одной из важных функций, обеспечивающих ловкость, является равновесие. Под равновесием понимают способность к сохранению устойчивого положения тела (статическое – удержание принятой позы, динамическое – в движении). Эта функция во многом определяет не только точность выполнения технических действий, но и энергетическую стоимость мышечной работы в циклических и ациклических видах спорта. Сложно добиться высоких спортивных результатов, если спортсмен не может поддерживать относительного равновесия или устойчивого положения своего центра масс тела (например, при отдельных гимнастических упражнениях или беге на 100 м).

В качестве критерия оценки статического равновесия может выступать время сохранения позы – стойка на одной ноге, другая согнута и подошвой упирается в колено опорной ноги, руки вытянуты вперед, глаза закрываются по сигналу при включении секундомера. В свою очередь, наиболее простым тестом для оценки динамического равновесия может являться измерение отклонений от прямой при прохождении, например, 15-метрового отрезка с закрытыми глазами.

Очевидно, что качество ловкости характеризуется многомерностью и специфичностью своего проявления для каждого вида спорта, что требует особого подхода к подбору наиболее информативных комплексных тестов.

## 7.6 Контроль за функциональной подготовленностью

Показатели функциональной подготовленности характеризуются комплексом свойств и качеств спортсмена, определяющих эффективность его тренировочной и соревновательной деятельности, его соответствие целевому назначению – специфическим требованиям спортивного достижения.

Например, применительно к спортсменам-многоборцам – это свойства универсальности (десятиборье, современное пятиборье) и широты (конькобежное, гимнастическое многоборье) психофизических в своей основе возможностей спортсмена.

В реальных ситуациях тренировочной работы и участия в состязаниях функциональное состояние спортсмена изменяется под влиянием целого ряда как связанных между собой, так и независимых



воздействий. При этом реакция спортсмена выражается в разнообразных изменениях его физиологических и личностно-психологических характеристик.

Выделяют четыре типа критериев, с помощью которых можно оценить функциональное состояние спортсмена: физиологические, биохимические, поведенческие и субъективные. В таблице 7 представлены основные физиологические и биохимические показатели функциональной подготовленности спортсмена.

Таблица 7 – Некоторые физиологические и биохимические показатели функциональной подготовленности

Функциональные системы	Физиологические параметры
ЦНС	Головной мозг (разность потенциалов переменного электрического поля, статический потенциал, кровенаполнение, неоднородность структуры мозга). Биопотенциалы субкортикальных отделов ЦНС (ЭЭГ). Спинномозговая жидкость (ликвора – давление, температура).
Анализаторные системы	Чувствительность анализаторных систем (абсолютный и дифференциальный пороги чувствительности). Пространственные характеристики (поле зрения, диаграммы направленности). Временные характеристики (хронаксия, критическая частота слияния световых мельканий, интервал дискретности).
Сердечно-сосудистая система	Электрические явления в сердце. Деятельность сердца и крупных сосудов (изменение размеров сердца и сосудов, скорость сокращения мышцы и клапанов сердца, тонус стенок артерий и вен, скорость распространения пульсовой волны). Движение грудной клетки при работе сердца (перемещение, скорость и ускорение стенки грудной клетки, давление в грудной клетке). Движение крови в сердце и сосудах (давление крови в сердце, крупных сосудах, артериях, артериолах, капиллярах и венах); изменение объёма органов при кровенаполнении, скорость кровотока, минутный объём кровообращения, циркулирующий объём крови)

Продолжение таблицы 7

Функциональные системы	Физиологические параметры
Система внешнего дыхания	Лёгочные объёмы (ЖЕЛ, общая ёмкость лёгких, функциональная ёмкость лёгких, остаточный объём, объём вдоха, мёртвое пространство, неравномерность лёгочной вентиляции, минутный объём дыхания). Механика дыхания (частота дыхания, объёмная и линейная скорость вдоха и выдоха, давление воздуха на вдохе и выдохе, степень растяжимости лёгких и грудной клетки, изменения объёма грудной клетки, величина работы дыхания). Показатели дыхания на уровне «альвеолярный воздух – кровь лёгочных капилляров» (% $O^2$ , % $CO^2$ , $pO^2$ , $pCO^2$ в альвеолярном и выдыхаемом воздухе, объём поглощённого $O^2$ и выделенного $CO^2$ , диффузионная способность лёгких). Газовый состав артериальной крови (процентное содержание $O^2$ и $CO^2$ , парциальное давление $O^2$ , $CO^2$ , pH крови).
Тканевое дыхание	Артериовенозная разность по кислороду. Напряжение $O^2$ , $CO^2$ в тканях. Соотношение лактат/пируват.
Эндокринная система	Показатели эпифиза, гипофиза, тимуса, щитовидной железы, околощитовидной железы, поджелудочной железы, надпочечников, половых желёз.
Нервно-мышечная система	Биоэлектрическая активность мышц (порог возбуждения, хронаксия, порог тетануса, порог пессимума, биопотенциалы мышц, Н-рефлекс, М-ответ). Биомеханика деятельности мышц (сила и силовая выносливость; вязкость и жёсткость мышцы; кинематические показатели движений тела – перемещение, скорость, ускорение).
Обмен веществ и энергии	Обмен веществ (белков, углеводов, жиров, воды и минеральных веществ). Энергетический обмен (энергетический баланс, потребление кислорода и кислородный долг, основной обмен, дополнительный расход энергии, КПД энерготрат).

Окончание таблицы 7

Функциональные системы	Физиологические параметры
Терморегуляция	Регуляция теплового состояния организма (телопродукция, теплоотдача, температура тела, кожных покровов, выдыхаемого воздуха, регуляция температуры тела и др.)

В научных изданиях и справочниках можно найти детальное описание физиологических показателей, используемых в контроле и оценке функциональной подготовленности спортсменов разных видов спорта, возраста, пола и спортивной квалификации.

Следует учитывать, что разные виды спорта предъявляют не одинаковые требования к уровню функциональной подготовленности спортсмена. Существует целый ряд общих для всех видов физиологических измерений метрологических проблем. Главные из которых – разработка эталонных (должных) значений функционирования систем жизнеобеспечения в зависимости от вида спорта, квалификации спортсменов, а также установление характера не линейности разных процессов регуляции функций организма при нарастающей мышечной работе и, соответственно, выбор должных шкал измерения. Эти проблемы представляют собой реальные трудности в деле использования физиологических показателей для практической оценки функциональной подготовленности спортсмена.

## Заключение

Чтобы измерения достигли своей цели, необходимо прежде всего обеспечить их высокое качество. Для этого важно, чтобы измерения одной и той же величины были достоверными и сопоставимыми независимо от того, кем, где и когда они выполнены, какие при этом использованы приборы и методы измерений. Недопустимая погрешность показаний приборов может быть причиной ошибочных решений.

Научной основой метрологического обеспечения измерений в спорте является спортивная метрология – наука об измерениях в спорте, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности. Система метрологического обеспечения основана на нормативных документах, включающих ряд основополагающих стандартов. Эти стандарты устанавливают общие правила и нормы метрологического обеспечения, которые необходимо соблюдать во всех отраслях современного общества. В настоящее время разработан и утверждён ряд стандартов, являющихся основой стандартизации в области метрологической деятельности как общегосударственного, так и отраслевого масштабов, включая стандартизацию на уровне учреждений и предприятий. Они практически полностью охватывают всю метрологическую деятельность, независимо от уровня масштаба распространения нормативных документов и принадлежности к государственным или отраслевым стандартам, или аналогичным документам научного учреждения.

Современные задачи спорта высших достижений диктуют необходимость ускоренного изучения факторов, влияющих на спортивный результат, определения их значимости для представителей различных спортивных специализаций.

## Литература

- 1 Азгальдов, Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М. : Стандарт, 1973. – 172 с.
- 2 Аулик, И. В. Как определить тренированность спортсмена / И. В. Аулик. – М. : ФиС, 1977. – 102 с.
- 3 Ашмарин, Б. А. Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б. А. Ашмарин. – М. : ФиС, 1978. – 223 с.
- 4 Бочаров, М. И. Спортивная метрология : учеб. пособие / М. И. Бочаров. – Сыктывкар : СыктГУ, 2002. – 109 с.
- 5 Бубэ, Х. Тесты в спортивной практике [Текст] / Х. Бубэ, Г. Фэк, Х. Трогаш ; пер. с нем. – М. : ФиС, 1968. – 239 с.
- 6 Иваницкий М.Ф. Анатомия человека с основами динамической и спортивной морфологии. – М.: ФиС, 1985. – 274 с.
- 7 Годик, М. А. Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок / М. А. Годик. – М. : ФиС, 1980. – 136 с.
- 8 одик, М. А. Спортивная метрология / М. А. Годик. – М. : ФиС, 1988. – 192 с.
- 9 Никитюк Б. А., Гладышева А. А. Анатомия и спортивная морфология. – М., 1989. – 156 с.
- 10 Зациорский, В. М. Кибернетика, математика, спорт / В. М. Зациорский. – М. : ФиС, 1968. – 199 с.
- 11 Зациорский, В. М. Теоретические и метрологические основы отбора в спорте / В. М. Зациорский, Н. Ж. Булгакова. – М. : ГЦОЛИФК, 1980. – 41 с.
- 12 Лях, В. И. Тесты в физическом воспитании школьников : пособие для учи-теля / В. И. Лях. – М. : ООО «Фирма «Издательство АСТ», 1998. – 272 с.
- 13 Международная система единиц / под ред. Г. Д. Бурдуна. – М. : Высшая школа, 1964. – 274 с.
- 14 Начинская, С. В. Спортивная метрология : учеб. пособие для вузов / С. В. Начинская. – М. : Академия, 2008. – 240 с.
- 15 Смирнов, Ю. И. Спортивная метрология : учеб. для студ. пед. вузов / Ю. И. Смирнов, М. М. Полевщиков. – М. : Издательский центр «Академия», 2000. – 228 с.
- 16 Спортивная метрология: учеб. пособие / В. В. Афанасьев [и др.]. – Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2009. – 242 с.
- 17 Спортивная метрология : учеб. для ин-тов физ. культ. / под. ред. В. М. Зациорского. – М. : ФиС, 1982. – 256 с.



**Приложение А**  
(информационное)

Таблица А. 1 – Коэффициент (К) для ускоренного расчёта стандартного отклонения ( $\sigma$ ) (по Р. Н. Бирюковой)

Объём выборки (n)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	-	-	1,13	1,69	2,06	2,33	2,53	2,7	2,85	2,97
10	3,08	3,17	3,26	3,34	3,41	3,47	3,53	3,59	3,64	3,69
20	3,73	3,78	3,82	3,86	3,90	3,93	3,96	4,00	4,03	4,06
30	4,09	4,11	4,14	4,16	4,19	4,21	4,24	4,26	4,28	4,3
40	4,32	4,34	4,36	4,38	4,40	4,42	4,43	4,45	4,47	4,48
50	4,50	4,51	4,53	4,54	4,56	4,57	4,59	4,60	4,61	4,63
60	4,64	4,65	4,66	4,68	4,69	4,70	4,71	4,72	4,73	4,74
70	7,75	7,77	4,78	4,79	4,80	4,81	4,82	4,83	4,83	4,84
80	4,85	4,86	4,87	4,88	4,89	4,90	4,91	4,91	4,92	4,93
90	4,94	4,95	4,96	4,96	4,97	4,98	4,99	4,99	5,00	5,01
n	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
K	5,02	5,49	5,78	5,94	6,07	6,18	6,28	6,35	6,2	6,48

Примечание –  $\sigma = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}$

Таблица А. 2 – Коэффициент (K) для ускоренного расчета ошибки средней арифметической ( $m$ ) (по В. А. Березовскому)

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	-	-	1,59	2,92	4,14	5,22	6,2	7,16	8,07	8,91
10	9,73	10,52	11,28	12,02	12,75	13,43	14,12	14,79	15,43	16,09
20	16,67	17,31	17,92	18,53	19,11	19,63	20,19	20,72	21,32	21,86
30	20,41	22,89	23,43	23,92	24,43	24,88	25,44	25,9	26,36	26,85
40	27,32	27,78	28,25	28,72	29,17	29,66	30,04	30,53	30,98	31,36
50	31,82	32,21	32,66	33,05	33,52	33,91	34,83	34,73	35,08	35,56
60	35,94	36,32	36,67	37,16	37,52	37,88	38,25	38,63	39,02	39,38
70	39,76	40,19	40,56	40,91	41,28	41,65	42,03	42,38	42,65	43,03
80	43,36	43,73	44,10	44,46	44,79	45,18	45,52	45,81	46,15	46,49
90	46,88	47,22	47,57	47,81	48,21	48,56	48,90	49,15	49,50	49,75

Примечание -  $\sigma = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}$

Таблица А. 3 – Стандартные значения критерия Стьюдента

Степени свободы (К)	Уровень значимости			Степени свободы (К)	Уровень значимости (P)		
	0,05	0,01	0,001		0,05	0,01	0,001
1	12,70	63,70	637,0	18	2,10	2,88	3,9
2	4,30	9,92	31,6	19	2,09	2,86	3,8
3	3,18	5,84	12,9	20	2,09	2,85	3,8
4	2,78	4,60	8,6	21	2,08	2,83	3,8
5	2,57	4,03	6,8	22	2,07	2,82	3,7
6	2,45	3,71	5,9	23	2,07	2,81	3,7
7	2,36	3,50	5,4	24	2,06	2,80	3,7
8	2,31	3,36	5,0	25	2,06	2,79	3,7
9	2,26	3,25	4,7	26	2,06	2,78	3,7
10	2,23	3,17	4,5	27	2,05	2,77	3,6
11	2,20	3,11	4,4	28	2,05	2,76	3,6
12	2,18	3,05	4,3	29	2,05	2,76	3,6
13	2,16	3,01	4,2	30	2,04	2,75	3,6
14	2,14	2,98	4,1	40	2,02	2,70	3,5
15	2,13	2,95	4,0	60	2,00	2,66	3,4
16	2,12	2,92	4,0	120	1,98	2,62	3,3
17	2,11	2,90	3,9		1,96	2,58	3,2

Таблица 4 – Критерий для сравнения при малых выборках и равном объеме ( $n_1 = n_2$ ) ( по lord)

N1=N2	Односторонний критерий		Двусторонний критерий	
	0,05	0,01	0,05	0,01
3	0,9744	1,715	1,272	2,093
4	0,644	1,047	0,831	1,237
5	0,493	0,772	0,613	0,896
6	0,405	0,621	0,499	0,714
7	0,347	0,585	0,426	0,600
8	0,306	0,459	0,373	0,521
9	0,275	0,409	0,334	0,464
10	0,250	0,371	0,304	0,419
11	0,233	0,340	0,280	0,384
12	0,214	0,315	0,260	0,355
13	0,201	0,294	0,243	0,331
14	0,189	0,276	0,228	0,311
15	0,179	0,261	0,216	0,293
16	0,170	0,247	0,205	0,278

Таблица А. 5 – Критические значения критерия F-Фишера в зависимости от степеней свободы (K) и уровней значимости  $P = 0,05$  (верхняя строка) и  $P = 0,01$  (нижняя строка) (по Н. В. Смирнову и И. В. Дунину-Барковскому)

		K1-степень свободы для большой дисперсии													
K2															Бесконечность
	8	10	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	
8	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9
	6,0	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9
10	3,1	3,0	2,9	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5
	5,1	4,9	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,3	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9
12	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,3
	4,5	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4
14	2,7	2,6	2,5	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,1	3,1	3,1	3,0	3,0
16	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0
	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	3,0	3,0	2,9	2,8	2,8	2,8
18	2,5	2,4	2,3	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9
	3,7	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6
20	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8
	3,6	3,4	3,2	3,1	3,1	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4

Таблица А. 6 – Значения коэффициента корреляции при различных уровнях значимости (P) и числах степеней свободы ( $k = n - 2$ ) (по П. Ф. Рокицкому)

n	P		n	P		n	P	
	0,05	0,01		0,05	0,01		0,05	0,01
8	0,63	0,77	22	0,40	0,52	70	0,23	0,30
9	0,60	0,74	23	0,40	0,51	80	0,22	0,28
10	0,58	0,71	24	0,39	0,50	90	0,21	0,27
11	0,55	0,68	25	0,38	0,49	100	0,20	0,25
12	0,53	0,66	26	0,37	0,48	125	0,17	0,23
13	0,51	0,64	27	0,37	0,47	150	0,16	0,21
14	0,50	0,62	28	0,36	0,46	200	0,14	0,18
15	0,48	0,61	29	0,36	0,46	300	0,11	0,15
16	0,47	0,59	30	0,35	0,45	400	0,10	0,13
17	0,46	0,58	35	0,33	0,42	500	0,09	0,12
18	0,44	0,56	40	0,30	0,39	700	0,07	0,10
19	0,43	0,55	45	0,29	0,37	900	0,06	0,09
20	0,42	0,54	50	0,27	0,35	1000	0,06	0,09
21	0,41	0,53	60	0,25	0,33			

Таблица А. 7 – Критические значения выборочного показателя корреляции рангов (по В. Ю. Урбах)

n	P		n	P		n	P	
	0,05	0,01		0,05	0,01		0,05	0,01
5	0,94	-	17	0,48	0,62	29	0,37	0,48
6	0,85	-	18	0,47	0,60	30	0,36	0,47
7	0,78	0,94	19	0,46	0,58	31	0,36	0,46
8	0,72	0,88	20	0,45	0,57	32	0,35	0,45
9	0,68	0,83	21	0,44	0,56	33	0,34	0,45
10	0,62	0,79	22	0,43	0,54	34	0,34	0,44
11	0,61	0,76	23	0,42	0,53	35	0,33	0,43
12	0,58	0,73	24	0,41	0,52	36	0,33	0,43
13	0,56	0,70	25	0,40	0,51	37	0,33	0,42
14	0,54	0,68	26	0,39	0,50	38	0,32	0,41
15	0,52	0,66	27	0,38	0,49	39	0,32	0,41
16	0,50	0,64	28	0,38	0,48	40	0,31	0,40

## Содержание

Введение	3
1 Теоретические основы спортивной метрологии	5
1.1 Общие основы измерений	11
1.2 Шкалы измерений	13
1.3 Единицы измерений	16
1.4 Точность измерений	17
1.5 Некоторые методы вариационной статистики	20
2 Основы теории тестов	27
3 Основы теории оценок	30
3.1 Шкалы и варианты оценок	30
3.2 Разновидности норм сравнения	35
4 Основы квалиметрии	38
5 Технические средства контроля в спорте	43
5.1 Информационно-техническое обеспечение	45
5.2 Тренажёры в спорте	46
5.3 Средства дозирования нагрузки	47
6 Метрологические основы контроля в спорте	52
6.1 Основные характеристики контроля в спорте	52
6.2 Контроль за соревновательной деятельностью	54
6.3 Контроль за техникой и тактикой	56
7 Контроль за физической подготовленностью	66
7.1 Скоростные качества	66
7.2 Контроль за силовыми качествами	71
7.3 Контроль за выносливостью	74
7.4 Контроль за выносливостью	78
7.5 Контроль за ловкостью	81
7.6 Контроль за функциональной подготовленностью	83
Заключение	87
Литература	88
Приложение А	89



И. В. Батышова, О. А. Кривец

## **СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ**

Учебно-методическое пособие

Технический редактор З. Ж. Шокубаева  
Ответственный секретарь Е. В. Самокиш

Подписано в печать 24.04.2017 г.

Гарнитура Times.

Формат 60x90/16. Бумага офсетная.

Усл.печ. л. 5,35 Тираж 300 экз.

Заказ № 2998

Издательство «КЕРЕКУ»

Павлодарского государственного университета  
им. С.Торайгырова

140008, г. Павлодар, ул. Ломова, 64

Утверждаю  
Проректор по АР  
ИУ им. С. Торайгырова  
Г. Г. Ахметова  
20 03 2017 г.

Составители: И. В. Батяшова, О. А. Кривец

**Кафедра «Физическая культура и спорт»**

Спортивная метрология  
Учебно-методическое пособие

Одобрено на заседании кафедры 23 03 2017 г.  
Протокол № 7

Заведующий кафедрой Мастобаев Ю. А. Мастобаев

Одобрено учебно-методическим советом ГПФ 17 03 2017 г.  
Протокол № 8

Председатель УМС Шахажанова Г. К. Шахажанова

Одобрено учебно-методическим советом Павлодарского  
государственного университета им. С. Торайгырова 20 03 2017 г.  
Протокол № 9

**СОГЛАСОВАНО**

Декан ГПФ Бегимтаев А. И. Бегимтаев 17 03 2017 г.

**Нормоконтролер**

ОАиМК Баяхметова Г. С. Баяхметова 15 04 2017 г.

**ОДОБРЕНО**

Начальник УМО Темиргалиева А. Б. Темиргалиева 20 03 2017 г.