



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

**Институт физической  
культуры, спорта и  
молодежной политики**

**Н. Н. ТРИФОНОВА  
И. В. ЕРКОМАЙШВИЛИ**

# СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

Н. Н. Трифонова  
И. В. Еркомайшвили

## СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся  
по программе бакалавриата по направлению подготовки  
49.03.01 «Физическая культура»

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2016

УДК 796.015(075.8)  
ББК Ч511.5я73-1  
Т691

**Рецензенты:**

Т. В. Андрухина, кандидат педагогических наук, доцент,  
заведующий кафедрой теории и методики физической культуры  
Российского государственного профессионально-педагогического университета;  
Н. В. Трубникова, кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры теории и методики физического воспитания  
Уральского государственного педагогического университета

**Научный редактор**

Г. И. Семенова, кандидат педагогических наук,  
доцент кафедры теории и методики физического воспитания  
Уральского федерального университета

**Трифонова, Н. Н.**

Т691 Спортивная метрология : [учеб. пособие] / Н. Н. Трифонова,  
И. В. Еркомайшвили ; [науч. ред. Г. И. Семенова] ; М-во образова-  
ния и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург :  
Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 112 с.

ISBN 978-5-7996-1696-0

В учебном пособии даны метрологические основы педагогического контроля, показаны способы измерений в физическом воспитании и спорте, методы тестирования двигательных возможностей человека, математико-статистические методы и их применение для обработки и анализа результатов контроля и планирования учебно-тренировочного процесса. Представлены вопросы для контроля знаний, математические таблицы, словарь наиболее распространенных терминов, список рекомендуемой литературы.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения, а также для начинающих спортивных педагогов и специалистов-тренеров.

УДК 796.015(075.8)  
ББК Ч511.5я73-1

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	5
<b>Глава 1. ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ</b> .....	7
1.1. Предмет спортивной метрологии.....	7
1.2. Измерение физических величин .....	9
1.2.1. Единицы измерений.....	11
1.2.2. Параметры, измеряемые в физической культуре и спорте.....	15
1.2.3. Шкалы измерений .....	17
1.2.4. Средства измерений.....	20
1.2.5. Точность измерений.....	22
<b>Глава 2. МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ</b> .....	26
2.1. Выборочный метод. Организация выборки .....	28
2.2. Основные статистические характеристики.....	30
2.3. Статистические гипотезы и достоверность статистических характеристик.....	34
2.4. Взаимосвязь результатов измерений.....	38
2.5. Коэффициент корреляции Бравэ — Пирсона.....	41
2.6. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена .....	42
<b>Глава 3. МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ</b> .....	45
3.1. Виды качественных показателей.....	46
3.2. Метод экспертных оценок.....	48
3.2. Метод анкетирования .....	52
<b>Глава 4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕСТОВ</b> .....	56
4.1. Тестирование в практике физической культуры и спорта .....	56
4.2. Надежность тестов .....	57
4.3. Информативность тестов .....	62

<b>Глава 5. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНТРОЛЯ</b> .....	67
5.1 Управление и контроль в спортивной тренировке .....	67
5.2. Оперативный, текущий, этапный контроль .....	72
5.3. Контроль физической подготовленности .....	78
5.3.1. Контроль скоростных качеств.....	79
5.3.2. Контроль силовых качеств .....	83
5.3.3. Контроль выносливости .....	85
5.3.4. Контроль гибкости .....	87
5.3.5. Контроль ловкости .....	91
5.4. Контроль технической и тактической подготовленности .....	93
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b> .....	103
<b>СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ</b> .....	105
<b>СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ССЫЛОК</b> .....	109
<b>РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА</b> .....	110

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время спортивная метрология развивается одновременно и как научная, и как учебная дисциплина. Как одно из современных научных направлений в образовательной области по физической культуре спортивная метрология отвечает на два основных вопроса: как измерить и выразить числом те явления и процессы, которые происходят в физической культуре и спорте, и как их математически обработать.

Целью данного курса является формирование у студентов умений и навыков проведения метрологических исследований и обработки эмпирических данных для последующей научной интерпретации, интеграции полученных знаний в практическую педагогическую деятельность в современном процессе физического воспитания и спортивной тренировки.

Учебное пособие состоит из пяти глав.

В задачу первых трех глав входит формирование системы теоретических знаний о спортивных измерениях, доступное для студентов изложение теоретических основ спортивной метрологии, включая методы математической статистики, а также описание технических принципов, систем и методов измерений, используемых в физическом воспитании и спорте.

В четвертой и пятой главе рассматриваются метрологические основы комплексного контроля: обоснование контроля в физическом воспитании и спорте, содержание и организация контроля тренировочной деятельности, а также разных сторон подготовленности (физической, технической и т. д.).

В учебном пособии дается характеристика методов первичной обработки статистического материала — метода средних величин, выборочного метода, метода корреляционного анализа, а также

рассматриваются квалиметрия, анкетирование и т. д. Большое внимание авторы уделяют теории тестов (определению информативности, надежности и т. п.) и теории оценок.

Для закрепления материала студентам рекомендовано ответить на контрольные вопросы. В конце учебного пособия имеются приложения и словарь основных терминов.



# Глава 1

## ОСНОВЫ СПОРТИВНОЙ МЕТРОЛОГИИ

### 1.1. Предмет спортивной метрологии

Сейчас трудно себе представить какой-либо вид деятельности человека, в котором не использовались бы измерения. Измерения ведутся в науке, промышленности, сельском хозяйстве, медицине, торговле, военном деле, при охране труда и окружающей среды, в быту, спорте и т. д. Благодаря измерениям возможно управление технологическими процессами, промышленными предприятиями, подготовкой спортсменов и народным хозяйством в целом. Резко возросли и продолжают расти требования к точности измерений, скорости получения измерительной информации, измерению комплекса физических величин. Увеличивается число сложных измерительных систем и измерительно-вычислительных комплексов.

Измерения на определенном этапе своего развития привели к возникновению метрологии, которая в настоящее время определяется как наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и требуемой точности. Это определение свидетельствует о практической направленности метрологии, которая изучает измерения физических величин и образующие эти измерения элементы и разрабатывает необходимые правила и нормы. Слово «метрология» происходит от древнегреческих «метро» — мера и «логос» — знание.

В современной метрологии выделяют три направления: законодательная метрология, фундаментальная (научная) и практическая (прикладная) метрология.

**Спортивная метрология** — это наука об измерениях в физическом воспитании и спорте. Ее следует рассматривать как конкретное приложение к общей метрологии, как одну из составляющих

практической (прикладной) метрологии. Однако как учебная дисциплина спортивная метрология выходит за рамки общей метрологии по следующим обстоятельствам. В физическом воспитании и спорте некоторые из физических величин (время, масса, длина, сила), на проблемах единства и точности измерений которых сосредоточивают основное внимание специалисты-метрологи, также подлежат измерению. Но более всего специалистов нашей отрасли интересуют педагогические, психологические, социальные, биологические показатели, которые по своему содержанию нельзя назвать физическими. Методикой их измерений общая метрология практически не занимается, и поэтому возникла необходимость разработки специальных измерений, результаты которых всесторонне характеризуют подготовленность спортсменов. Особенностью спортивной метрологии является то, что в ней термин «измерение» трактуется в самом широком смысле, так как в спортивной практике недостаточно измерять только физические величины. В физической культуре и спорте, кроме измерений длины, высоты, времени, массы и других физических величин, приходится оценивать техническое мастерство, выразительность и артистичность движений и тому подобные нефизические величины.

Таким образом, спортивная метрология не только занимается традиционными техническими измерениями физических величин, но и решает важные задачи управления тренировочным процессом:

- используется как инструментарий для измерения биологических, психологических, педагогических, социологических и других показателей, характеризующих деятельность спортсмена;
- представляет исходный материал для биомеханического анализа двигательных действий спортсмена.

*Предметом спортивной метрологии* является комплексный контроль в физическом воспитании и спорте, включающий в себя контроль за состоянием спортсмена, тренировочными нагрузками, техникой выполнения упражнений, спортивными результатами и поведением спортсмена на

соревнованиях, использование его результатов в планировании подготовки спортсменов и физкультурников.

Вместе с развитием фундаментальной и практической метрологии происходило становление законодательной метрологии.

*Законодательная метрология* — это раздел метрологии, включающий комплексы взаимосвязанных и взаимообусловленных общих правил, а также другие вопросы, нуждающиеся в регламентации и контроле со стороны государства, направленные на обеспечение единства измерений и единообразия их средств.

Законодательная метрология служит средством государственного регулирования метрологической деятельности посредством законов и законодательных положений, которые вводятся в практику через Государственную метрологическую службу и метрологические службы государственных органов управления и юридических лиц. К области законодательной метрологии относятся испытания и утверждение типа средств измерений и их поверка, калибровка, сертификация, государственный метрологический контроль и надзор за ними [1].

Метрологические правила и нормы законодательной метрологии гармонизированы с рекомендациями и документами соответствующих международных организаций. Тем самым, законодательная метрология способствует развитию международных экономических и торговых связей и содействует взаимопониманию в международном метрологическом сотрудничестве.

## **1.2. Измерение физических величин**

Измерением в широком смысле слова называется установление соответствия между изучаемыми явлениями, с одной стороны, и числами, с другой.

*Измерение физической величины* — это нахождение опытным путем связи между измеряемой величиной и единицей измерения данной величины, производимое, как правило, с помощью специальных технических средств. При этом под физической величиной понимается характеристика различных свойств, общих

в количественном отношении для многих физических объектов, но индивидуальных в качественном отношении для каждого из них. К физическим величинам относятся длина, время, масса, температура и множество других. Получение сведений о количественных характеристиках физических величин и является задачей измерений.

Какие бы виды измерений физических величин ни производились, все они возможны только при наличии общепринятых единиц измерений (метров, секунд, килограммов и т. п.) и шкал измерений, позволяющих упорядочить измеряемые объекты и приписать им числа. Это обеспечивается использованием соответствующих средств измерений, позволяющих получить необходимую точность. Для достижения единства измерений существуют разработанные стандарты и правила.

Следует отметить, что измерение физических величин является основой всех без исключения измерений в спортивной практике. Оно может иметь самостоятельный характер, например, при определении массы звеньев тела; служить первым этапом оценивания спортивных результатов и результатов тестов, например, при выставлении оценки в баллах по результатам измерения длины прыжка с места; косвенно влиять на качественную оценку исполнительского мастерства, например, по амплитуде движений, ритму, положению звеньев тела.

Измерения делятся по средствам измерения (органолептические и инструментальные) и по способу получения числового значения измеряемой величины (прямые, косвенные, совокупные, совместные).

*Органолептическими* называются измерения, основанные на использовании органов чувств человека (зрения, слуха и т. д.). Например, человеческий глаз может с высокой точностью определить относительную яркость источников света. Одним из видов органолептических измерений является обнаружение — решение о том, отлично от нуля значение измеряемой величины или нет.

*Инструментальными* называются измерения, выполняемые с помощью специальных технических средств. Большинство измерений физических величин являются инструментальными [2].

*Прямые измерения* — это измерения, при которых искомое значение находят непосредственно сравнением физической величины с мерой. К таким измерениям можно отнести, например, определение длины предмета путем ее сравнения с мерой — линейкой.

*Косвенные измерения* отличаются тем, что значение величины устанавливают по результатам прямых измерений величин, связанных с искомой определенной функциональной зависимостью. Так, измерив объем и массу тела, можно вычислить (косвенно измерить) его плотность, или, измерив длительность полетной фазы прыжка, вычислить его высоту.

*Совокупными измерениями* называются такие, в которых значения измеряемых величин находят по данным их повторных измерений при различных сочетаниях мер. Результаты повторных измерений подставляются в уравнения, и вычисляется искомая величина. Например, объем тела может быть сначала найден по измерению объема вытесненной жидкости, а затем — по измерению его геометрических размеров.

*Совместные измерения* — это одновременные измерения двух и более неоднородных физических величин для установления функциональной зависимости между ними. Например, определение зависимости электрического сопротивления от температуры [3].

### **1.2.1. Единицы измерений**

Единицы измерений физических величин представляют собой значения данных величин, которые по определению считаются равными единице. Они ставятся за числовым значением какой-либо величины в виде символа (5,56 м; 11,51 с и т. п.). Единицы измерений пишутся с большой буквы, если названы в честь известных ученых (724 Н; 220 В и т. п.). Совокупность единиц, относящихся к некоторой системе величин и построенных в соответствии с принятыми принципами, образует систему единиц.

Наиболее универсальной системой единиц, охватывающей все отрасли науки и техники, является Международная система единиц (*Systeme International d'Unites* — франц.) с сокращенным названием «SI», в русской транскрипции — СИ. Она была принята в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам. В настоящее время в систему СИ входят семь основных единиц (табл. 1).

Таблица 1

### Основные единицы СИ

Величина	Единицы		
	наименование	обозначение	
		русское	международное
Основные			
Длина, $l$	Метр	м	$m$
Масса, $m$	Килограмм	кг	$kg$
Время, $t$	Секунда	с	$s$
Сила электрического тока, $I$	Ампер	А	$A$
Термодинамическая температура, $T$ , $\Theta$	Кельвин	К	$K$
Количество вещества, $n$	Моль	моль	$mol$
Сила света, $J$	Кандела	кд	$cd$

Кроме основных, в СИ выделены две дополнительные единицы: *радиан* — единица плоского угла и *стерадиан* — единица телесного угла (угла в пространстве).

Система единиц включает в себя основные и производные единицы. *Основными* называются выбранные и независимые друг от друга единицы. Величины, единицы которых принимаются за основные, как правило, отражают наиболее общие свойства материи (протяженность, время и т. п.). *Производными* называются единицы, выраженные через основные путем арифметических

действий. Например, единица длины (метр) и единица времени (секунда) — основные единицы, а единица скорости (метр в секунду) — производная.

Система СИ насчитывает 18 производных единиц, имеющих специальные названия. Некоторые из них, находящие применение в спортивных измерениях, представлены ниже (табл. 2).

Таблица 2

**Некоторые производные единицы измерений [4]**

Величина	Единицы	
	Наименование	Обозначение
Частота	Герц	Гц
Сила	Ньютон	Н
Мощность	Ватт	Вт
Энергия, работа	Джоуль	Дж
Скорость	Метр в секунду	м/с
Объем	Литр	л

Помимо единиц измерения, входящих в систему СИ, есть также *внесистемные единицы*. Внесистемные единицы измерений, не относящиеся ни к системе СИ, ни к какой-либо другой системе единиц, используются в физической культуре и спорте в силу традиции и распространенности в справочной литературе. Применение некоторых из них ограничено. Наиболее часто используются следующие внесистемные единицы: единица времени — минута (1 мин = 60 с), плоского угла — градус (1 град =  $\pi/180$  рад), объема — литр (1 л =  $10^{-3}$  м<sup>3</sup>), силы — килограмм-сила (1 кГ = 9,81 Н) (не следует путать килограмм-силу кГ с килограммом массы кг), работы — килограммометр (1 кГ · м = 9,81 Дж), количества теплоты — калория (1 кал = 4,18 Дж), мощности — лошадиная сила (1 л. с. = 736 Вт), давления — миллиметр ртутного столба (1 мм рт. ст. = 121,1 Н/м<sup>2</sup>).

К внесистемным единицам относятся десятичные кратные и дольные единицы, в наименовании которых имеются приставки: *кило* — тысяча (например, килограмм  $\text{кг} = 10^3 \text{ г}$ ), *мега* — миллион (мегаватт  $\text{МВт} = 10^6 \text{ Вт}$ ), *милли* — одна тысячная (миллиампер  $\text{мА} = 10^{-3} \text{ А}$ ), *микро* — одна миллионная (микросекунда  $\text{мкс} = 10^{-6} \text{ с}$ ), *нано* — одна миллиардная (нанометр  $\text{нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ) и др. В качестве единицы длины также используется *ангстрем* — одна десятиллиардная метра ( $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ ). К этой же группе относятся национальные единицы, например, английские: дюйм = 0,0254 м, ярд = 0,9144 м или такие специфические, как морская миля = 1852 м.

Если измеренные физические величины используются непосредственно при педагогическом или биомеханическом контроле и с ними не производятся дальнейшие вычисления, то они могут быть представлены в единицах разных систем, или внесистемных единицах. Например, объем нагрузки в тяжелой атлетике может быть определен в килограммах или тоннах; угол сгибания ноги легкоатлета при беге — в градусах и т. п. Если же измеренные физические величины участвуют в вычислениях, то они обязательно должны быть представлены в единицах измерений одной системы. Например, в формулу для расчета момента инерции тела человека методом маятника период колебаний должен подставляться в секундах, расстояние — в метрах, масса — в килограммах [4].

Обычно физические величины выражаются в абсолютных или относительных величинах. *Абсолютные величины* — это именованные числа, выраженные в определенных единицах измерения (вес, объем, длина, масса, скорость и т. д.). *Относительные величины* показывают результат сравнения чисел и выражаются в процентах, частях и т. д. (например, 1 % есть сотая часть от общего числа). Число, согласно которому определяется относительная величина, называется *базой сравнения* (например, при сравнении максимальной и реальной мощности спортсмена его реальная мощность составляет 75 % от максимальной, которая в данном случае принята за базу сравнения).



## 1.2.2. Параметры, измеряемые в физической культуре и спорте

Наличие различных приборов и технических устройств, применяемых в исследованиях специалистами педагогических, биомедицинских и психологических дисциплин спорта, позволяет получать информацию более чем о трех тысячах отдельных параметров.

Все параметры, измеряемые в науке о спорте, подразделяются на четыре уровня:

- *интегральные*, отражающие суммарный (кумулятивный) эффект функционального состояния различных систем организма (например, спортивное мастерство);
- *комплексные*, относящиеся к одной из функциональных систем организма спортсмена (например, физическая подготовленность);
- *дифференциальные*, характеризующие только одно свойство системы (например, силовые качества);
- *единичные*, раскрывающие одну величину (значение) отдельного свойства системы (максимальная сила мышц).

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

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

Для изучения этих параметров и контроля над ними широко используется большое количество разнообразных способов, приемов и методов измерений следующих физических величин:

- силовых (это причины, вызывающие изменения в скорости и направлении движения тела: силы отталкивания, деформации, удары, броски и т. п.; моменты сил и моменты вращения: раскачивания, размахивания, обороты и вращения при выполнении локомоторных и гимнастических упражнений; давление на спортивные снаряды и т. п.);
- величин, относящихся к скорости (расход количества энергии в течение заданного времени; скорость разгона, перемещения, остановки и изменения направления в двигательных действиях; ускорение линейное и угловое при выполнении упражнений);
- временных (промежутки времени и частота действий в единицу времени, момент времени, длительность действия, ритм движений);
- геометрических (положение спортсмена — координаты расположения тела или его звеньев в заданной системе; размеры — расстояния между двумя заданными точками при измерении результатов в прыжках, метаниях и др., контуров или форм при измерении правильности вычерчивания обязательных фигур в фигурном катании; при измерении осанки и др.);
- характеризующих физические свойства (плотность, удельный вес тела человека; измерения влажности в спортивной гигиене; вязкость, твердость, пластичность костно-мышечной системы);
- количественных (масса и вес тела и отдельных его звеньев);
- характеризующих химический состав;
- тепловых (температура тела и его теплопроводная способность, определяемая количеством тепла, выделяемого или поглощаемого телом при определенных условиях);
- радиационных (ядерная радиация — радиоизотопные методы измерения массы отдельных звеньев тела человека

- и сканирование; определение костного возраста юных спортсменов; фотометрические измерения скелета и т. п.);
- электрических (биопотенциалы различных органов: сердца, мышц, мозга и т. п.) [3].

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

### 1.2.3. Шкалы измерений

Используя различные приборы и устройства, исследователь постоянно работает со шкалами.

**Шкала** — элемент счетной системы, посредством которого происходит отнесение исследуемого объекта к определенной группе объектов.

Понятие «шкала» употребляется в двух значениях. Во-первых, на шкале фиксируются показания отсчетного устройства прибора. В этом смысле шкала содержит набор определенных условных знаков. Указатель прибора, останавливаясь на каком-либо знаке, фиксирует изменение тех или иных измеряемых параметров. Например, шкала амперметра представляет собой линейку с делениями, каждое из которых соответствует определенному количеству ампер. Остановившись на делении 2А, указатель фиксирует силу тока в сети, равную двум амперам.

Промежуток между соседними отметками шкалы называется делением шкалы. Цена шкалы — это значение измеряемой величины, соответствующее расстоянию между двумя ее соседними делениями.

Шкала представляет собой определенную систему, осуществляющую классификацию объектов. В этом смысле шкал может быть множество в зависимости от количества упорядочивающих систем. В спортивной практике наибольшее распространение получили четыре шкалы измерений: шкала наименований, шкала порядка, шкала интервалов, шкала отношений. Каждая из них специфична, имеет свое практическое приложение, способ и принцип измерения, свой набор математических операций (табл. 3).

Таблица 3

### Шкалы измерений

Шкала	Основные операции	Математические методы	Примеры
Наименований	Установление равенства	Число случаев, мода	Нумерация спортсменов в команде, результаты жеребьевки
Порядка	Установление соотношений «больше» или «меньше»	Медиана, ранговая корреляция, ранговые критерии, проверка гипотез	Место, занятое на соревнованиях, результаты ранжирования спортсменов, оценка мастерства в баллах
Интервалов	Установление равенства интервалов	Среднее стандартное отклонение, корреляция	Календарные даты, суставной угол, температура
Отношений	Установление равенства отношений	Все методы статистики	Длина, сила, масса, скорость и т. п.

**Шкала наименований** (*номинальная шкала*). Это самая простая из всех шкал. В ней числа выполняют роль ярлыков и служат для обнаружения и различения изучаемых объектов (например, нумерация игроков футбольной команды). Числа, составляющие шкалу наименований, разрешается менять местами. При использовании шкалы наименований могут проводиться только некоторые математические операции. Ее числа нельзя складывать и вычитать, но можно подсчитывать, сколько раз (как часто) встречается

то или иное число. Например, спортсмены, участвующие в кроссе, одеты в майки разного цвета. Введем в качестве условных показателей семь цветов радуги. Подсчитаем, сколько спортсменов участвует в кроссе в майках каждого цвета. В этом случае перечисление семи цветов радуги есть номинальная шкала.

**Шкала порядка** — это ряд натуральных чисел, расположенных в восходящем или нисходящем порядке. Существуют виды спорта, где результат спортсмена определяется только местом, занятым на соревнованиях (например, единоборства). После таких соревнований ясно, кто из спортсменов сильнее, а кто слабее. Но насколько сильнее или слабее, сказать нельзя. Если три спортсмена заняли соответственно первое, второе и третье места, то каковы их различия в спортивном мастерстве, остается неясным: второй спортсмен может быть почти равен первому, а может быть существенно слабее его и быть почти одинаковым с третьим.

Места, занимаемые в шкале порядка, называются *рангами*, а сама шкала называется *ранговой*. В такой шкале составляющие ее числа упорядочены по рангам, то есть занимаемым местам, но интервалы между ними измерить точно нельзя. В отличие от шкалы наименований, шкала порядка позволяет не только установить факт равенства или неравенства измеряемых объектов, но и определить характер неравенства в виде суждений: «больше — меньше», «лучше — хуже» и т. п. С помощью шкал порядка можно измерять качественные, не имеющие строгой количественной меры показатели. Особенно широко эти шкалы используются в гуманитарных науках — педагогике, психологии, социологии. К рангам шкалы порядка можно применять большее число математических операций, чем к числам шкалы наименований.

**Шкала интервалов**. В этой шкале числа не только упорядочены по рангам, но и разделены определенными интервалами. Особенность, отличающая ее от шкалы отношений, состоит в том, что нулевая точка выбирается произвольно. Примерами могут быть календарное время (начало летоисчисления в разных календарях устанавливалось по случайным причинам), суставной угол (угол в локтевом суставе при полном разгибании предплечья

может приниматься равным либо нулю, либо  $180^\circ$ ), температура и др. Результаты измерений по шкале интервалов можно обрабатывать всеми математическими методами, кроме вычисления отношений. Данные шкалы интервалов дают ответ на вопрос «на сколько больше?», но не позволяют утверждать, что одно значение измеренной величины во столько-то раз больше или меньше другого. Например, если температура повысилась с  $10^\circ$  до  $20^\circ$  по Цельсию, то нельзя сказать, что стало в два раза теплее.

**Шкала отношений** отличается тем, что в ней строго определено положение нулевой точки. Благодаря этому она не накладывает никаких ограничений на математический аппарат, используемый для обработки результатов наблюдений. В спорте по шкале отношений измеряют расстояние, силу, скорость и десятки других переменных. По шкале отношений измеряют и те величины, которые образуются как разности чисел, отсчитанных по шкале интервалов. Так, календарное время отсчитывается по шкале интервалов, а интервалы времени — по шкале отношений. При использовании шкалы отношений измерение какой-либо величины сводится к экспериментальному определению отношения этой величины к другой подобной, принятой за единицу. Измеряя длину прыжка, можно узнать, во сколько раз эта длина больше длины другого тела, принятого за единицу длины (метровой линейки в частном случае); взвешивая штангу, можно определить отношение ее массы к массе другого тела — гире весом в килограмм и т. п. Если ограничиться только применением шкал отношений, то можно дать другое определение измерению: измерить какую-либо величину — значит найти опытным путем ее отношение к соответствующей единице измерения [1].

#### 1.2.4. Средства измерений

*Средства измерений* — это технические устройства для измерения единиц физических величин, имеющие нормированные погрешности. К средствам измерений относятся меры, датчики-преобразователи, измерительные приборы, измерительные системы.

*Мерой* называется средство измерения, предназначенное для воспроизведения физических величин заданного размера (линейки, гири, электрические сопротивления и др.).

*Датчиком-преобразователем* называется устройство для обнаружения физических свойств и преобразования измерительной информации в форму, удобную для обработки, хранения и передачи (концевые выключатели, переменные сопротивления, фоторезисторы и др.).

*Измерительные приборы* — это средства измерений, позволяющие получить измерительную информацию в форме, удобной для восприятия пользователем. Они состоят из преобразовательных элементов, образующих измерительную цепь, и отсчетного устройства. В практике спортивных измерений широко применяются электромеханические и цифровые приборы (амперметры, вольтметры и др.).

*Измерительные системы* состоят из функционально объединенных средств измерения и вспомогательных устройств, соединенных каналами связи (система измерения межзвенных углов, усилий и т. п.).

С учетом применяемых методов средства измерений подразделяются на контактные и бесконтактные. *Контактные средства* предполагают непосредственное взаимодействие с телом испытуемого или спортивным снарядом. *Бесконтактные средства* основаны на светорегистрации. Например, ускорение спортивного снаряда может быть измерено при помощи контактных средств с использованием датчиков-акселерометров или бесконтактных средств с использованием стробосъемки.

Существуют мощные автоматизированные измерительные системы, такие как система распознавания и оцифровки движений человека *MoCap (motion capture* — захват движения). Данная система представляет собой набор датчиков, прикрепляемых к телу спортсмена, информация с которых поступает на компьютер и обрабатывается соответствующим программным обеспечением. Координаты каждого датчика пеленгуются специальными

детекторами 500 раз в секунду. Система обеспечивает точность измерения пространственных координат с погрешностью не больше 5 мм.

### 1.2.5. Точность измерений

*Точность измерения* — это степень приближения результата измерения к действительному значению измеряемой величины.

*Погрешностью измерения* называется разность между полученным при измерении значением и действительным значением измеряемой величины. Термины «точность измерения» и «погрешность измерения» имеют противоположный смысл и в равной мере используются для характеристики результата измерения.

Никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. Результат измерения неизбежно содержит погрешность, величина которой тем меньше, чем точнее метод измерения и измерительный прибор. Например, с помощью обычной линейки с миллиметровыми делениями нельзя измерить длину с точностью до 0,01 мм.

По причинам возникновения погрешность разделяют на *методическую, инструментальную и субъективную*.

*Методическая погрешность* обусловлена несовершенством применяемого метода измерений и неадекватностью используемого математического аппарата. Например, маска для забора выдыхаемого воздуха затрудняет дыхание, что снижает измеряемую работоспособность; математическая операция линейного сглаживания по трем точкам зависимости ускорения звена тела спортсмена от времени может не отражать особенности кинематики движения в характерные моменты.

*Инструментальная погрешность* вызывается несовершенством средств измерения (измерительной аппаратуры), несоблюдением правил эксплуатации измерительных приборов. Она обычно приводится в технической документации на средства измерений.

*Субъективная погрешность* возникает вследствие невнимательности или недостаточной подготовленности оператора. Эта



погрешность практически отсутствует при использовании автоматических средств измерений.

По характеру изменения результатов при повторных измерениях погрешность разделяют на *систематическую* и *случайную*.

*Систематической* называется погрешность, значение которой не меняется от измерения к измерению. Вследствие этого она часто может быть заранее предсказана и устранена. Систематические погрешности бывают известного происхождения и известного значения (например, запаздывание светового сигнала при измерении времени реакции из-за инертности электрической лампочки); известного происхождения, но неизвестного значения (прибор постоянно завышает или занижает измеряемое значение на разную величину); неизвестного происхождения и неизвестного значения [5].

Для исключения систематической погрешности вводятся соответствующие поправки, устраняющие сами источники погрешностей: правильно располагается измерительная аппаратура, соблюдаются условия ее эксплуатации и т. д. Применяется тарировка (*нем.* tarigren — градуировать) — проверка показаний прибора путем сравнения с эталонами (образцовыми мерами или образцовыми измерительными приборами).

*Случайной* называется погрешность, возникающая под действием разнообразных факторов, которые нельзя заранее предсказать и учесть. Вследствие того, что на организм спортсмена и на спортивный результат влияет множество факторов, практически все измерения в области физической культуры и спорта имеют случайные погрешности. Они принципиально неустранимы, однако с помощью методов математической статистики можно оценить их значение, определить необходимое число измерений для получения результата с заданной точностью, правильно интерпретировать их результаты. Основным способом уменьшения случайных погрешностей является проведение ряда повторных измерений.

По форме представления погрешность разделяют на *абсолютную* и *относительную*.

Величина  $\Delta A = A - A_o$ , равная разности между показанием измерительного прибора ( $A$ ) и истинным значением измеряемой величины ( $A_o$ ), называется *абсолютной погрешностью* измерения. Она измеряется в тех же единицах, что и сама измеряемая величина. Абсолютная погрешность линейек, магазинов сопротивлений и других мер в большинстве случаев соответствует цене деления. Например, для миллиметровой линейки  $\Delta A = 1$  мм.

Так как истинное значение измеряемой величины обычно установить не представляется возможным, в его качестве принимают значение данной величины, полученное более точным способом. Например, определение частоты шагов при беге на основе подсчета количества шагов за промежуток времени, измеренный с помощью ручного секундомера, дало результат 3,4 шаг/с. Этот же показатель, измеренный посредством радиотелеметрической системы, включающей в себя контактные датчики-переключатели, оказался 3,3 шаг/с. Следовательно, абсолютная погрешность измерения с помощью ручного секундомера составляет  $3,4 - 3,3 = 0,1$  шаг/с.

На практике часто удобнее пользоваться не абсолютной, а относительной погрешностью. *Относительная погрешность* измерения бывает двух видов — действительной и приведенной. Действительной относительной погрешностью называется отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины:

$$\Delta A_{\text{д}} = \frac{\Delta A}{A_o} \cdot 100 \%$$

Приведенная относительная погрешность — это отношение абсолютной погрешности к максимально возможному значению измеряемой величины:

$$\Delta A_{\text{п}} = \frac{\Delta A}{A_{\text{м}}} \cdot 100 \%$$

Относительные погрешности обычно измеряются в процентах. При этом знак абсолютной погрешности не учитывается: абсолютная погрешность может быть и положительной, и отрицательной, а относительная погрешность всегда положительна [5].

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое спортивная метрология и в чем ее специфика?
2. Каковы предмет и задачи спортивной метрологии?
3. Какие параметры измеряются в спортивной практике?
4. Какие единицы измерений входят в Международную систему единиц?
5. Какие шкалы измерений вам известны?
6. Что такое точность и погрешность измерений?
7. Какие существуют виды погрешности измерений?
8. Какие существуют средства измерений?

## Глава 2

# МЕТОДЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

*Статистика* — наука, изучающая количественные показатели развития общества. Она представляет собой отрасль знаний, которая исследует совокупности массовых однородных явлений. Особенность этих явлений заключается, с одной стороны, в том, что они однородны, а с другой — отличаются друг от друга количественными показателями. Например, исследуя большую группу спортсменов одного возраста, пола, спортивной квалификации и стажа, необходимо измерить величину максимального потребления кислорода. В первом случае мы получим массовые однородные показатели, а во втором — индивидуальные показатели, где каждый показатель максимального потребления кислорода соответствует конкретному спортсмену и отличается один от другого.

Таким образом, *объектом исследования статистики* будут массовые однородные явления, которые отличаются друг от друга, или, как принято говорить в статистике, варьируют по единичному показателю.

Предметом исследования статистики является оценка статистических совокупностей, где применяют специальные математико-статистические методы, которые имеют определенную цель при обработке своих результатов, а именно измерения массовых статистических совокупностей заменяются такими показателями, от применения которых не происходит или почти не происходит потеря исходной информации. Таким образом, большие совокупности чисел заменяются несколькими параметрами, несущими в себе всю исходную информацию.

Сжатие информации до обозримых размеров позволяет проанализировать исследуемое явление и дать ему адекватную оценку, что невозможно осуществить при рассмотрении всей статистической совокупности. Кроме того, выявление параметров совокупности в ряде случаев позволяет установить природную закономерность в оценке исходных данных, как в части ее конкретного анализа, так и при ее сравнении с другими совокупностями.

Все эти рассуждения имеют место в практике спортивных исследований. За редким исключением исследования в физической культуре и спорте основаны на наблюдениях, эксперименте и тестировании. Значительная часть научных методов опирается на результаты измерений больших групп спортсменов. Так, изначально практика физической культуры и спорта располагает исходными данными в виде статистической совокупности, где ее единичные показатели отражают достижения конкретного спортсмена, а их варьирование свидетельствует об индивидуальном различии спортсменов по измеряемому показателю.

*Статистическое исследование* — это сложный и продолжительный процесс, он позволяет получить представление о том или ином явлении, изучить его размер, уровень, выявить закономерности. Выделяют три основных этапа статистических исследований:

1. *Статистическое наблюдение*, которое представляет собой планомерный и систематический процесс сбора данных, характеризующих изучаемый объект. Чаще всего оно преследует практическую цель — получение достоверной информации для выявления закономерностей развития явлений и процессов.

Оно должно удовлетворять следующим требованиям:

- объекты наблюдения (в нашем случае испытуемые) должны быть одинаковыми (однородными) с точки зрения их свойств (квалификация, специализация, возраст, стаж занятий и др.);
- число объектов наблюдения должно быть достаточным, чтобы можно было выявить закономерности и обобщить их свойства.

2. *Статистическая сводка и группировка результатов наблюдения.* Они являются важной подготовительной частью к статистическому анализу данных. Этот этап предусматривает:

- систематизацию (группировку) данных;
- оформление определенных статистических таблиц.

3. *Анализ статистического материала.* Статистический анализ является заключительной стадией статистического исследования. В процессе статистического анализа исследуются структура, динамика и взаимосвязи явлений или процессов. Его проводят с использованием соответствующих математико-статистических методов [1].

## 2.1. Выборочный метод. Организация выборки

В процессе наблюдения или измерения какого-либо показателя получают ряд чисел. Численные результаты подразделяют на *прерывные (дискретные)* и непрерывные. К *дискретным* относят число подтягиваний на перекладине, число попыток и т. д., то есть результаты, выражаемые целым числом. К *непрерывным* — время прохождения дистанции, время реакции, скорость движения и т. п., то есть результаты, которые могут выражаться дробным числом, в частности бесконечной дробью.

**Выборочный метод** — один из главных методов математической статистики, включающий такие основные понятия, как генеральная совокупность и выборочная совокупность. Будем считать, что  $x_1$  — результат измерения изучаемого показателя у первого спортсмена,  $x_2$  — у второго спортсмена и т. д., всего спортсменов  $n$ . Такой ряд результатов измерений, представленный случайными числами, называется *выборочной совокупностью*, или *выборкой*. Совокупность всех значений, которые можно было бы получить для изучаемой выборки, называется *генеральной совокупностью*. Например, длина тела студентов одного института физической культуры — выборочная совокупность, а длина тела студентов всех институтов физической культуры России — генеральная; в то же время длина тела студентов России — выборка

по отношению к генеральной совокупности — ко всем студентам земного шара.

Если исследованием охвачена вся генеральная совокупность, оно называется *сплошным*. Такие исследования сравнительно редки. Например, если кому-либо удалось обследовать всех сильнейших спортсменов мира в каком-либо виде спорта, то есть провести сплошное исследование, значит, обследована вся генеральная совокупность. Все остальные исследования называются *выборочными*. Одной из основных характеристик выборки является ее *объем* —  $n$ , который определяется числом объектов наблюдения, например, спортсменов в данном исследовании.

Первая задача выборочного метода сводится к тому, чтобы организовать выборку. Здесь доминирует принцип, согласно которому необходимо обеспечить возможность всем объектам генеральной совокупности в равной степени быть избранными в выборку. Установлено, что при таком подходе к организации выборки и при достаточно большом объеме выборки параметры последней стремятся к параметрам генеральной совокупности.

Как проводится упорядочение выборки? Предположим, что у баскетболистов института физической культуры измерили силу левой кисти. Результаты измерений в килограммах ( $n = 100$ ) представлены ниже (табл. 4).

Таблица 4

**Пример выборочных результатов ( $n = 100$ ) [2]**

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7 ... 99	100
$x$ (кг)	46	50	59	60	55	49	... 58	60
$x$ (кг) (ранжиров.)	36	36	38	38	40	40	... 70	74

В этой таблице числа во второй строке записаны в той последовательности, в какой проходили измерения спортсмены, то есть случайным образом. Такие данные представляют неупорядоченную выборку. Третья строка — выборка упорядоченная, точнее,

ранжированная. *Ранжированием* называют расстановку результатов измерений в порядке возрастания или убывания.

Если мы подсчитаем количество измерений каждого показателя и выстроим их в столбцы, то получим вариационный ряд.

**Вариационный ряд** — это двойной столбец ранжированных чисел, где слева стоит собственно показатель — вариант  $x_i$ , а справа — его количество — частота  $n_i$ . Сумма частот называется *объемом совокупности*, то есть общим числом исходных данных.

*Организацию выборки* можно осуществить с помощью отбора. Выделяют четыре способа отбора:

1. *Собственно случайный отбор*. Из генеральной совокупности отбираются единицы выборки случайно (согласно жеребьевке или по таблице случайных чисел).

2. *Механический отбор*. Генеральная совокупность делится на столько групп, сколько единиц должно войти в выборку. Из каждой группы произвольно выбирается одна единица, которая и входит в выборку.

3. *Типический отбор*. Генеральная совокупность делится на произвольное количество равноценных групп. Затем из каждой группы отбирается одна (или несколько) единиц по принципу собственно случайного отбора.

4. *Серийный (гнездовой) отбор*. В этом случае отобранными в генеральную совокупность единицами являются группы. Генеральная совокупность делится на большое число групп, которые рассматриваются как единицы [3].

## 2.2. Основные статистические характеристики

Рассматривая основные статистические характеристики ряда измерений (вариационного ряда), оценивают центральную тенденцию выборки и колеблемость, или вариацию. Рассмотрим содержание этих понятий.

*Центральную тенденцию выборки* позволяют оценить такие статистические характеристики, как среднее арифметическое значение, мода, медиана.



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 свое 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.

Наиболее часто применяется *среднее арифметическое значение*. Его принято обозначать той же буквой, что и варианты наблюдений, но над этой буквой ставится символ усреднения — черта. Например, если обозначить исследуемый признак через  $x$ , то среднее арифметическое будет обозначаться  $\bar{x}$ . Вычисляется по формуле:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n},$$

где  $x_i$  — вариант ряда,

$n$  — объем выборки.

Символом  $\Sigma$  принято обозначать суммирование тех данных, которые стоят справа от него.

Существуют еще две важные характеристики положения вариационного ряда — мода и медиана.

*Модой* (обозначается символом  $M_0$ ) называют результат выборки или совокупности, наиболее часто встречающейся в этой выборке.

*Медиана* (обозначается символом  $M_c$ ) — результат измерения, который находится в середине ранжированного ряда. Например, в некоторых видах спорта, где оценка спортсмену выставляется несколькими судьями (как в гимнастике), самые высокие и самые

низкие оценки отбрасываются, и в зачет идет медиана. Например, пять судей поставили 9,1 — 9,1 — 9,2 — 9,3 — 9,4 балла. Отбрасывая низшие и высшие оценки, получаем медиану, равную 9,2 балла. Эта оценка идет в зачет спортсмену.

Моду и медиану используют для оценки среднего при измерении в шкалах порядка (а моду также и в номинальных шкалах).

Все средние характеристики дают общую характеристику ряда результатов измерений. На практике нас часто интересует, как сильно каждый результат отклоняется от среднего значения. Однако легко можно представить, что две группы результатов измерений имеют одинаковые средние, но различные значения измерений. Например, для ряда 3, 6, 3 среднее значение  $\bar{x} = 4$ , для ряда 5, 2, 5 среднее значение также  $\bar{x} = 4$ , несмотря на существенное различие этих рядов [1].

Поэтому средние характеристики необходимо дополнять показателями *вариации*, или *колеблемости*. Основными характеристиками рассеивания, применяемыми для оценки вариации величин относительно выборочной средней, являются дисперсия, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, ошибка средней арифметической величины.

**Дисперсия**  $\sigma^2$  указывает на варьирование, то есть рассеивание исходных данных относительно средней арифметической величины (в квадрате).

Дисперсия определяется по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}.$$

Если число измерений не более 30, то есть  $n \leq 30$ , используется формула

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

Для вычисления  $\sigma^2$  надо произвести следующие действия.

1. Определить среднюю арифметическую величину  $\bar{x}$ .

2. Из каждого варианта вычесть среднюю арифметическую величину:  $x_i - \bar{x}$ .
3. Найденную разность возвести в квадрат:  $(x_i - \bar{x})^2$ .
4. Определить сумму  $\Sigma(x_i - \bar{x})^2$ .
5. Найденную сумму разделить на объем выборки  $n$ .

Из характеристик колеблемости наиболее часто используется **среднее квадратическое отклонение**, которое определяется как положительное значение корня квадратного из значения дисперсии, то есть

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n}}.$$

Среднее квадратическое отклонение имеет те же единицы измерения, что и результаты измерения, то есть характеризует степень отклонения результатов от среднего значения в абсолютных единицах. Однако для сравнения колеблемости двух и более совокупностей, имеющих различные единицы измерения (например, результаты в беге на 100 м, прыжках в высоту, метаниях гранаты и т. п.), эта характеристика непригодна. Для этого используется коэффициент вариации.

**Коэффициент вариации.** Чтобы стандартное отклонение могло быть использовано в качестве меры сравнения изменчивости 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  $V$ . Вычисляется он по формуле:

$$V = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} \cdot 100 \% .$$

Коэффициент вариации, будучи величиной относительной, позволяет сравнивать между собой изменчивость (колеблемость) разнородных признаков, имеющих различные единицы

измерения. При нормальных распределениях  $V$  обычно не превышает 45–50 %. В случаях асимметричных распределений он может быть довольно высоким (до 100 % и выше). В спортивной практике внутренняя вариабельность признака считается небольшой при  $V$  от 0 до 10 %; средней при  $V$  от 11 до 20 %; большой при  $V > 20$  %.

Существует еще один показатель рассеивания — **ошибка средней арифметической** ( $m$ ) — величина не техническая, а статистическая. Она характеризует закономерные колебания (вариации) средней арифметической величины.

Ошибка средней арифметической вычисляется по формуле:

$$m_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}},$$

где,  $\sigma_x$  — стандартное отклонение результатов измерения,  
 $n$  — объем выборки.

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.

### **2.3. Статистические гипотезы и достоверность статистических характеристик**

В спорте часто при анализе какого-либо явления приходится по некоторым измерениям показателя делать обобщающий вывод. Например, после тренировочного занятия 17 конькобежцев у трех наблюдается неполное восстановление. Можно ли на этом основании судить о трудности тренировочного процесса, или это

случайность? Наверное, если такой неприятный факт случится со всеми спортсменами, сомнений в неправильном построении занятия не будет. Следовательно, в данном случае можно говорить о представительности (репрезентативности) выборки, на основании которой можно сделать вывод. Этот же вопрос можно сформулировать иначе: сколько испытуемых необходимо обследовать, чтобы получить достоверные результаты измерений? Это очень важно для исследователя, так как является необходимостью при решении научных задач. Эти вопросы и такие, как сравнение средних результатов различных групп, оценка точности результатов измерений, оценка достоверности коэффициентов взаимосвязи и др., решаются с использованием некоторых приемов проверки статистических гипотез.

**Статистической гипотезой** называется проверяемое математическими методами предположение относительно статистических характеристик результатов измерений. Статистическую гипотезу обычно обозначают  $H$  (утверждение).

Предположим, что нам известна (на основании обследования) средняя длина тела студентов первого курса —  $\bar{x}_1$ . В то же время известно значение этого показателя для изучаемой возрастной группы в европейском масштабе —  $\bar{x}_0$ . Значит,  $\bar{x}_1$  — характеристика выборки, а  $\bar{x}_0$  — характеристика генеральной совокупности. Предположим, что длина тела наших студентов не отличается от среднеевропейской. Статистическая гипотеза тогда запишется как  $H_0: \bar{x}_1 = \bar{x}_0$ , то есть предполагается, что средняя длина тела студентов равна длине тела их сверстников в масштабе Европы. Гипотеза, в соответствии с которой отсутствуют различия между сравниваемыми совокупностями, называется *нулевой* ( $H_0$ ). *Альтернативной* (противоположной) гипотезой ( $H_1$ ) будет предположение, что  $\bar{x}_1 > \bar{x}_0$  или  $\bar{x}_1 < \bar{x}_0$ .

При сравнении статистических характеристик почти никогда не встречается случая их абсолютного равенства. В силу каких-то случайных или закономерных причин значения их отличаются друг от друга. Задача при проверке гипотез состоит в том, чтобы отличить случайные влияния от закономерных.

При проверке статистической гипотезы решение экспериментатора никогда не принимается с уверенностью, то есть всегда существует некоторый риск принять неправильное решение. Оценка степени этого риска и представляет собой суть проверки статистической гипотезы. Ясно, что исключить на 100 % этот риск невозможно. Но экспериментатор может выбрать вероятность, или уровень значимости, который характеризует вероятность отклонения, признаваемого невозможным в силу лишь случайных причин. Самыми распространенными уровнями являются 0,001; 0,01; 0,05. Уровень 0,05 означает, что выборочное значение может встретиться в среднем не чаще чем 5 раз в 100 наблюдениях. Величину  $q = 1 - \alpha$  называют доверительной вероятностью (при уровне значимости 0,05 доверительная вероятность равна 0,95 и т. п.). Принятие и отклонение гипотезы осуществляются на основе определенного критерия. *Статистическим критерием* называют правило, обеспечивающее принятие истинной и отклонение ложной гипотезы с заранее заданной вероятностью.

Основные этапы проверки гипотезы:

1. Формулировка гипотезы, которую в дальнейшем необходимо принять или отклонить.
2. Выбор уровня значимости.
3. Определение выборочного значения статистических характеристик (на основе измерения или наблюдения выборочной совокупности).
4. Выбор критерия для проверки статистической гипотезы.
5. Сравнение расчетного значения с критическим значением критерия для выбранного уровня значимости и принятие или отклонение гипотезы [1].

Рассмотрим два критерия статистической достоверности, используемые в практике физической культуры и спорта: *критерий Стьюдента* и *критерий Фишера*.

**Критерий 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 Стьюдента  $t$* .

Критерий Стьюдента назван в честь английского ученого К. Госсета (Стьюдент — псевдоним), открывшего данный метод. Принципиально важным является то, что применение указанного метода возможно только для однородных признаков.

*Алгоритм определения критерия Стьюдента*

1. Находим критерий Стьюдента  $t$  по формуле:

$$t = \frac{|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}},$$

где  $\bar{x}_1$  и  $\bar{x}_2$  — сравниваемые средние;

$m_1$  и  $m_2$  — ошибки сравниваемых средних величин.

2. Практика показала, что в области физической культуры и спорта достаточно выбрать уровень значимости 0,05, что соответствует доверительной вероятности 0,95. Определяем число степеней свободы.

3. Осуществляем сравнение  $t$  и  $t_{гр}$ .

4. Делаем выводы:

- если  $t > t_{гр}$ , то различие между сравниваемыми выборками статистически достоверно;
- если  $t < t_{гр}$ , то различие статистически недостоверно.

Последующий шаг заключается в оценке этого различия с педагогической точки зрения (определяется условием задачи) [1].

**Критерий Фишера** применяется при сравнении показателей рассеивания выборок, а именно для установления равенства (или неравенства) двух выборочных дисперсий, принадлежащих к одной и той же генеральной совокупности.

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 сравниваемых дисперсий. Характерным для *F*-критерия оказывается то, что он полностью определяется выборочными дисперсиями и не зависит от генеральных переменных.

*Алгоритм определения критерия Фишера F*

1. Находим критерий Фишера *F* по формуле:

$$F = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2},$$

где  $\sigma_1^2$  и  $\sigma_2^2$  — дисперсии сравниваемых выборок.

Условием критерия Фишера является то, что числитель должен всегда быть больше знаменателя, то есть число *F* всегда больше единицы.

2. Задаем доверительную вероятность — 0,95 и определяем число степеней свободы для обеих выборок:  $\kappa_1 = n_1 - 1$ ;  $\kappa_2 = n_2 - 1$ .

3. По таблице находим граничное значение критерия  $F_{гр}$ .

4. Осуществляем сравнение критериев *F* и  $F_{гр}$ .

5. Делаем выводы:

- если  $F > F_{гр}$ , то различие между выборками статистически достоверно;
- если  $F < F_{гр}$ , то различие между выборками статистически недостоверно [2].

## 2.4. Взаимосвязь результатов измерений

В спортивных исследованиях между изучаемыми показателями часто обнаруживается взаимосвязь. Виды ее бывают различными. Например, определение ускорения по известным данным скорости в биомеханике, закон Хилла в физиологии и другие характеризуют так называемую *функциональную взаимосвязь*, или зависимость, при которой каждому значению одного показателя соответствует строго определенное значение другого.

К другому виду взаимосвязи относят, например, зависимость веса от длины тела. Одному значению длины тела может соответствовать несколько значений веса, и наоборот. В таких случаях,



когда одному значению одного показателя соответствует несколько значений другого, взаимосвязь называют *статистической*.

Изучению статистической взаимосвязи между различными показателями в спортивных исследованиях уделяют большое внимание, поскольку это позволяет выявить некоторые закономерности и в дальнейшем описать их как словесно, так и математически с целью использования в практической работе тренера и педагога.

Среди статистических взаимосвязей наиболее важны корреляционные (*лат. correlatio* — соотношение, соответствие). Корреляция заключается в том, что средняя величина одного показателя изменяется в зависимости от значения другого. Статистический метод, который используется для исследования взаимосвязей между парой признаков, называется **корреляционным анализом**. Основной задачей его является определение формы тесноты и направленности изучаемых показателей. Корреляционный анализ позволяет исследовать только статистическую взаимосвязь. Он широко используется в теории тестов для оценки надежности и информативности. Различные шкалы измерений требуют разных вариантов корреляционного анализа.

Анализ взаимосвязи начинается с графического представления результатов измерений в прямоугольной системе координат. Предположим, что у шести испытуемых зарегистрирован такой показатель, как число подтягиваний на перекладине, до начала подготовительного периода тренировки ( $x_i$ ) и после его окончания ( $y_i$ ). Запишем результат измерений, далее для этих результатов построим график, на оси абсцисс которого отложим результаты  $x_i$ , а на оси ординат — результаты  $y_i$ . Таким образом, каждая пара результатов в прямоугольной системе координат будет отображаться точкой. Такая графическая зависимость называется диаграммой рассеяния или *корреляционным полем*. Визуальный анализ графика позволяет выявить форму зависимости. Если эта форма близка к обычной геометрической фигуре — эллипсу, то она называется *линейной зависимостью* или *линейной формой взаимосвязи*.

Однако на практике можно встретить и иную форму взаимосвязи, когда на рисунке отображается фигура, отличная от эллипса, тогда зависимость называется *нелинейной* (или *нелинейной формой взаимосвязи*).

Таким образом, визуальный анализ корреляционного поля позволяет выявить форму статистической зависимости — линейную или нелинейную. Это имеет существенное значение для следующего шага в анализе — выбора и вычисления соответствующего коэффициента корреляции.

Для оценки тесноты взаимосвязи в корреляционном анализе используется значение (абсолютная величина) специального показателя — *коэффициента корреляции*. Абсолютное значение любого коэффициента корреляции лежит в пределах от 0 до 1. Интерпретируют значение этого коэффициента следующим образом:

- коэффициент корреляции = 1,00 (функциональная взаимосвязь, так как значению одного показателя соответствует только одно значение другого показателя, и поэтому никакой вариации на диаграмме рассеяния не наблюдается);
- коэффициент корреляции = 0,99–0,7 (сильная статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,69–0,5 (средняя статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,49–0,2 (слабая статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,19–0,09 (очень слабая статистическая взаимосвязь);
- коэффициент корреляции = 0,00 (корреляции нет) [5].

Таким образом, значение коэффициента корреляции, изменяясь в пределах от 0 до 1, позволяет оценивать тесноту взаимосвязи. Кроме тесноты, нас будет интересовать и направленность взаимосвязи.

Диаграмма рассеяния, например, показателей результата в толкании ядра весом 3 кг и результата в толкании ядра весом 5 кг, кроме сильной статистической взаимосвязи, имеет еще одну

особенность — *прямо пропорциональную* тенденцию зависимости. Это значит, что улучшение одного показателя вызывает улучшение другого. Диаграмма *обратно пропорциональной зависимости* получится в случае, когда увеличение одного показателя связано с уменьшением другого (в среднем). Направленность зависимости отражается в знаке коэффициента корреляции. Знак + (плюс) указывает на прямую, или положительную взаимосвязь; знак — (минус) говорит об обратной, или отрицательной взаимосвязи [5].

## 2.5. Коэффициент корреляции Бравэ — Пирсона

Для оценки взаимосвязи, когда измерения производят в шкале отношений или интервалов, и форма взаимосвязи линейная, используется коэффициент корреляции Бравэ — Пирсона. Обозначается он латинской буквой  $r$ . Вычисление значения  $r$  чаще всего производят по формуле:

$$r = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n \cdot \sigma_x \cdot \sigma_y},$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  — средние арифметические значения показателей  $x$  и  $y$ ,  
 $\sigma_x$  и  $\sigma_y$  — средние квадратические отклонения,  
 $n$  — число измерений (объем выборки).

Свойство коэффициента корреляции в том, что он не превышает единицы. Его значения лежат в пределах от  $-1$  до  $+1$ . Таким образом,  $-1 < r < 1$ .

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  $r = -0,68$  между

результатом в беге на 30 м и прыжком в длину с разбега коэффициент детерминации определится как:

$$D = (-0,68)^2 \cdot 100 \% = 46,2 \% .$$

Следовательно, только 46,2 % взаимосвязи спортивных результатов объясняется их взаимовлиянием. Остальная часть вариации ( $100 \% - 46,2 \% = 53,8 \%$ ) объясняется влиянием других неучтенных факторов [1].

## 2.6. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена

Наряду с линейным коэффициентом корреляции для измерения тесноты связи между двумя коррелируемыми признаками часто используются менее точные, но более простые по расчету коэффициенты корреляции рангов (или *ранговые коэффициенты корреляции*). Их используют для определения взаимосвязи показателей, измеренных в шкале порядка. Мы познакомимся с одним из них — *ранговым коэффициентом корреляции Спирмена*, названным именем английского ученого, предложившего этот коэффициент. Он основан на корреляции не самих значений коррелируемых признаков, а их рангов. Обозначается буквой  $\rho$  и вычисляется по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum d^2}{n(n^2 - 1)},$$

где  $\sum d^2 = \sum (d_x - d_y)^2$  — квадрат разности рангов данной пары показателей  $x$  и  $y$ ,

$n$  — число измерений (объем выборки).

Рассмотрим для примера оценку взаимосвязи показателей:  $x$  — место, занятое в лыжной гонке с общим стартом;  $y$  — число стартов до настоящих соревнований в подобных гонках этого сезона. Все прочие условия (возраст, квалификация, спортивный

стаж и др.) примерно одинаковы. Результаты наблюдений представлены в табл. 5 (столбцы 1 и 3).

Так как показатели измерены в шкале порядка, вычислим значение рангового коэффициента корреляции.

*Алгоритм вычисления рангового коэффициента Спирмена*

1. Проранжируем показатели  $x$  и  $y$  (упорядочим и припишем порядковые номера). Так как  $x$  уже упорядочен и обозначает соответствующие ранги, перепишем его значения в столбец 4. Показателю  $y$  присваиваем ранги следующим образом: значению 10 — ранг 1; 9 —  $(2 + 3)/2 = 2,5$ ; 8 — ранг 4; 7 — ранг 5 и т. д. (столбец 5).

Таблица 5

**Расчет рангового коэффициента Спирмена**

№ п/п	$x$	$y$	$d_x$	$d_y$	$d_x - d_y$	$(d_x - d_y)^2$
1	2	3	4	5	6	7
1	1	9	1	2,5	-1,5	2,25
2	2	10	2	1	1	1
3	3	8	3	4	-1	1
4	4	7	4	5	-1	1
5	5	9	5	2,5	2,5	6,25
6	6	4	6	7,5	-1,5	2,25
7	7	4	7	7,5	-0,5	0,25
8	8	3	8	9,5	1,5	2,25
9	9	5	9	6	3	9
10	10	3	10	9,5	0,5	0,25
$\Sigma$	—	—	—	—	—	25,5

2. Вычислим разность рангов  $d_x - d_y$  (столбец 6).

3. Вычислим квадрат разности  $d^2 = (d_x - d_y)^2$  (столбец 7).

4. Вычислим сумму квадратов разности  $\Sigma d^2 (= 25,5)$ .

5. Вычислим значение  $\rho$  по формуле:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \sum dI}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{6 \cdot 25,5}{10(10^2 - 1)} = 1 - 0,154 = 0,846 .$$

Значение  $\rho = 0,846$  характеризует сильную положительную взаимосвязь. Таким образом, опыт, накопленный в подобных гонках, достаточно сильно определяет успешность выступления при прочих равных условиях [5].

Достоинством ранговых коэффициентов корреляции является простота вычисления. Поэтому ими удобно пользоваться для быстрой оценки взаимосвязи, когда показатели не могут быть измерены точно, но могут быть ранжированы.

### Контрольные вопросы

1. Что показывает средняя арифметическая величина?
2. Что такое ранжирование?
3. Что такое дисперсия?
4. Дайте определение генеральной и выборочной совокупности.
5. Какое распределение выборок называется статистически достоверным, а какое — недостоверным?
6. Как определяется статистическое различие между выборками?
7. Какая взаимосвязь называется функциональной?
8. Какая взаимосвязь называется статистической?
9. Как определяется теснота взаимосвязи между двумя показателями?
10. Что показывает коэффициент вариации?
11. Что такое корреляционное поле и какова цель его построения?
12. Каково действие парного коэффициента корреляции Бравэ — Пирсона?
13. Чем ранговый коэффициент Спирмена отличается от коэффициента корреляции Бравэ — Пирсона?

## Глава 3

# МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Качественными называются показатели, не имеющие определенных единиц измерения. Таких показателей в физическом воспитании, и особенно в спорте, много: артистичность, выразительность в гимнастике, фигурном катании на коньках, прыжках в воду; зрелищность в спортивных играх и единоборствах и т. д. Для количественной оценки таких показателей используются методы квалиметрии.

**Квалиметрия** (лат. *qualitas* — качество, *metron* — мера) — это раздел метрологии, изучающий количественные методы оценки качественных показателей.

Идея квалиметрических методов состоит в том, что исходные данные выражаются через определенные числа, с которыми впоследствии и производятся расчеты.

*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 представляет как выразительность. На практике, однако, качество оценивается не по одному, а по нескольким признакам. При этом наивысшая обобщенная оценка не обязательно соответствует максимальным значениям по каждому признаку. В последние годы, например, резко повысился темп выполнения упражнений в художественной гимнастике. Не исключено, что он повысится еще больше, но тогда, возможно, ухудшатся другие характеристики

упражнения. Поэтому при оценке необходимо учитывать взаимосвязь разных качественных признаков.

В основе квалиметрии лежат четыре основных исходных положения:

- качество зависит от ряда свойств, образующих «древо качества» (например, древо качества исполнения упражнений в фигурном катании состоит из трех уровней — высшего, среднего, низшего), то есть необходимо найти составляющие элементы данного качества, их оценить, затем дать оценку всему показателю;
- любое качество или его элементы можно измерить с помощью экспертов, применив специально разработанные шкалы;
- каждое свойство (качество) определяется двумя числами: относительным показателем  $K$  и вместимостью  $M$ . Относительный показатель характеризует выявленный уровень измеряемого свойства, а вместимость — сравнительную важность разных показателей (пример: фигурист получил за технику исполнения оценку  $Kc = 5,6$  балла, а за артистизм — оценку  $Km = 5,4$  балла. Весомость техники исполнения и артистизма признаны одинаковыми ( $Mc = Mm = 1,0$ ). Поэтому общая оценка  $Q = McKc + MmKm$  составила 11,0 балла).

Сумма вместимостей свойств на каждом уровне равна единице (или 100 %) [2].

### 3.1. Виды качественных показателей

Виды качественных показателей охватывают различные аспекты выполнения соревновательных упражнений в технико-эстетических видах спорта. Для их общей оценки служат показатели исполнительского мастерства. Однако при высокой трудности и совершенной технике исполнения произвольных композиций на первый план выступают эстетические показатели, позволяющие качественно различить выступления спортсменов.



Эстетические показатели формируются на основе модели эстетического отношения человека к действительности. Они отражены в правилах соревнований и представляют следующие стороны исполнения упражнений:

- состав элементов соединений (сложность, оригинальность);
- соподчиненность элементов и их целостность (логичность частей и композиции в целом, равномерность распределения трудности элементов в композиции, отсутствие тривиальных связей и композиционных стереотипов);
- динамичность исполнения (формирование соединений из нескольких элементов и каскадов, смена темпа выполнения элементов);
- художественное оформление композиции (экспрессия движений — умение сочетать движения с музыкой, соответствие композиции современному стилю, артистизм — внесение в движения смысловых оттенков мимикой и жестами, художественные приемы — повторы, контраст, элементы неожиданности) [3].

Показатели исполнительского мастерства характеризуют умение показать физические, спортивно-технические возможности спортсмена и передать их в художественном оформлении при выполнении композиции в целом. Уровни исполнительского мастерства соответствуют спортивным разрядам и званиям. Кроме того, имеет место понятие «высшее исполнительское мастерство».

Комплексным показателем исполнительского мастерства является красота движений. Основными составляющими красоты считаются изящность и грация. Назовем компоненты красоты, служащие частными показателями исполнительского мастерства:

- зрелищность — способность создавать общее зрительное впечатление;
- эффектность — впечатление от отдельных моментов выступления;
- гармоничность — согласованность разных качеств, частей целого;

- естественность — легкость, непринужденность, непосредственность, простота;
- техничность — максимальная эффективность движений спортсмена, уровень владения совокупностью необходимых двигательных навыков;
- выразительность — способность выражать в движении мысль, чувство, настроение;
- музыкальность — соответствие движений характеру музыки, соблюдение темпа и ритма произведения [3].

Кроме перечисленных, показателями исполнительского мастерства являются культура движений, виртуозность, точность, пластичность, элегантность, изящество и др.

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

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

### 3.2. Метод экспертных оценок

*Экспертной* называется оценка, получаемая путем выяснения мнений специалистов. Примерами экспертизы могут служить судейство в гимнастике и фигурном катании на коньках, конкурс на лучшую научную работу и т. п.

*Эксперт* — профессионал, специалист, досконально знающий объект исследования в какой-либо отрасли науки, искусства, техники и т. д.

Заключение эксперта, специализирующегося на изучении определенных вопросов, может быть более значимо, чем измерения и расчеты. Экспертами, как правило, являются очень опытные специалисты, поэтому их мнение может быть принято или за результат, или в качестве анализа изучаемого объекта, или как прогноз ситуации, явления.

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 и настоящего и к прогнозированию будущего; 3) психологически устойчивый, не склонный к соглашательству.

Есть и другие важные качества экспертов, но указанные выше должны быть обязательно. Так, например, профессиональная компетентность эксперта определяется: а) по степени близости его оценки к среднегрупповой; б) по показателям решения тестовых задач.

Для объективной оценки компетентности экспертов могут быть составлены специальные анкеты, отвечая на вопросы которых в течение строго определенного времени, кандидаты в эксперты должны продемонстрировать свои знания. Другой подход к отбору экспертов основан на определении эффективности их деятельности. *Абсолютная эффективность* деятельности эксперта определяется отношением числа случаев, когда эксперт верно предсказал дальнейший ход событий, к общему числу экспертиз, проведенных данным специалистом. Например, если эксперт участвовал в десяти экспертизах и шесть раз его точка зрения подтвердилась, то эффективность деятельности такого эксперта равна 0,6. *Относительная эффективность* деятельности эксперта — это отношение абсолютной эффективности его деятельности к средней абсолютной эффективности деятельности группы экспертов. Объективная оценка пригодности эксперта определяется по формуле:

$$\Delta M = M - M_{\text{ист}},$$

где  $M_{\text{ист}}$  — истинная оценка;  $M$  — оценка эксперта.

Желательно иметь однородную группу экспертов, но если это не удастся, то для каждого из них вводится ранг. Очевидно, что эксперт представляет тем большую ценность, чем выше показатели его деятельности. Для повышения качества экспертизы стараются повысить квалификацию экспертов путем специального

обучения, тренировок и ознакомления с возможно более обширной объективной информацией по анализируемой проблеме. Судей во многих видах спорта можно рассматривать как своеобразных экспертов, оценивающих мастерство спортсмена (например, в гимнастике) или ход поединка (например, в боксе).

**Метод экспертных оценок** может трактоваться как аналитический метод или как метод на прогноз (это зависит от постановки задачи и содержания экспертизы). Для осуществления экспертных оценок приглашаются, как правило, несколько экспертов [2].

Метод экспертных оценок заключается в том, чтобы установить согласованность мнений экспертов. С этой целью мнения экспертных оценок должны быть выражены в каких-либо условных единицах — баллах, очках, процентах, рангах и т. д.

Процедура метода экспертных оценок подготавливается заранее и включает в себя следующие этапы:

- 1) определяется проблема экспертизы;
- 2) определяется численная мера представления мнения экспертов;
- 3) подбирается группа экспертов;
- 4) определяется содержание и форма проведения экспертизы;
- 5) осуществляется процедура экспертизы;
- 6) обрабатывается полученная информация, подводятся итоги экспертных оценок.

Эксперты выражают свое мнение об объекте в условных единицах, которые составляют вариационный ряд, где определяют среднюю арифметическую величину (для основной оценки изучаемого объекта) и среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации (они указывают на согласованность или несогласованность).

Наиболее эффективным показателем является коэффициент вариации, который не должен превышать 15 %. При  $V > 15\%$  мнения экспертов следует считать различными, а экспертизу — несостоявшейся.

Например: семь экспертов выражают свое мнение о технике игры в защите волейболиста по трехбалльной системе (табл. 6).

Таблица 6

## Мнения экспертов о технике игры волейболиста в защите

№ п/п	Эксперты	Баллы, $x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1	5	0,7	0,49
2	2	4	-0,3	0,09
3	3	4	-0,3	0,09
4	4	5	-0,7	0,49
5	5	3	-1,3	1,69
6	6	4	-0,3	0,09
7	7	5	0,7	0,49
$\Sigma$	—	30	—	3,43

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{30}{7} \approx 4,3; \quad \sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - \bar{x})^2}{n}} = \frac{3,43}{7} = 0,7;$$

$$V = \frac{\sigma_x \cdot 100 \%}{\bar{x}} = \frac{0,7 \cdot 100 \%}{4,3} \approx 16,3 \%.$$

Показатели метода свидетельствуют о том, что волейболист в защите имеет хорошую технику ( $\bar{x} = 4,3$ ), но мнения экспертов не согласованы:  $V > 15 \%$ .

Связь между мнениями экспертов можно установить при помощи *рангового коэффициента корреляции*. Если коэффициент корреляции окажется высоким, то есть мнения экспертов тесно коррелируют между собой, то экспертизу можно считать состоявшейся. Высоким считается коэффициент, превышающий величину 0,8.

Например, ответим на вопрос, согласованы ли мнения двух экспертов  $x_i$  и  $x_j$  (оценки в баллах) о выполнении специального теста десятью спортсменами (табл. 7)?

Мнения экспертов о выполнении специального теста [2]

№ п/п	Спортсмены	Эксперт, $x_i$	Эксперт, $y_i$	$x_i - y_i$	$(x_i - y_i)^2$
1	1	1	3	-2	4
2	2	2	2	0	0
3	3	3	1	2	4
4	4	4	5	-1	1
5	5	5	4	1	1
6	6	6	6	0	0
7	7	7	8	-1	1
8	8	8	7	1	1
9	9	9	9	0	0
10	10	10	10	0	0
Σ	—	—	—	—	12

Вычислим ранговый коэффициент корреляции:

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot \Sigma(x_i - y_i)^2}{n(n^2 - 1)} = \frac{6 \cdot 12}{990} \approx 0,93.$$

Можно сделать вывод, что между мнениями экспертов обнаружена тесная положительная корреляционная связь, и их мнения следует считать согласованными.

### 3.2. Метод анкетирования

*Анкетирование* является статистическим методом, который позволяет выявить мнение множества людей об изучаемом объекте. Метод называется статистическим, так как исследователь набирает большое количество ответов: чем больше ответов, тем надежнее полученный результат. Идея метода заключается в том, что испытуемые, называемые респондентами

(англ. respondent — отвечающий), заполняют анкету, по результатам которой и происходит выявление их мнения.

*Анкета* представляет собой опросный лист, в который вносятся ответы респондента на поставленные вопросы. Вопросы в анкете должны быть краткими, понятными респонденту и иметь точное представление о цели исследования. Анкета состоит из двух частей: *демографической* и *основной*.

*Демографическая часть анкеты* содержит вопросы, характеризующие личность респондента: имя, возраст, пол, социальное положение, адрес и т. д. *Основная часть анкеты* содержит вопросы, ответы на которые позволяют решить основную задачу исследования.

Характер вопросов определяет вид анкетирования.

*Прямое анкетирование* включает такие вопросы, которые требуют прямых ответов от респондента об объекте исследований, например: «Что вы думаете о методе вашей тренировки?», «Нравится ли вам программа наших занятий?», «Любите ли вы баскетбол?» и т. д.

*Косвенное анкетирование* предполагает вопросы, ответы на которые респондент может выбрать, например: «Улучшит или ухудшит программу введение новых упражнений?», «Какой, по вашему мнению, будет эффект от увеличения объема нагрузки, положительный или отрицательный?», «Как вы оцениваете новый комплекс упражнений: а) эффективный, б) неэффективный, в) малозначимый?» и т. д.

*Безусловное анкетирование* содержит вопросы, предполагающие прямые ответы без каких-либо условий, например: «Проводили ли вы тестирование своих учеников?», «Работаете ли вы по собственной программе?», «Делаете ли вы утреннюю зарядку?» и т. д.

*Условное анкетирование* включает вопросы, предполагающие ответы респондента при соблюдении определенных условий, например: «Следует ли изменить характер занятий, если тестирование покажет существенное изменение в уровне выносливости?»,

«Следует ли проводить спортивные соревнования в начале учебного года, если ученики еще не занимались в секциях?» и т. д.

*Открытое анкетирование* предполагает такие вопросы, ответы на которые не имеют никаких ограничений, например: «Что вы думаете о спорте?», «Каково ваше мнение о последнем футбольном матче?» и т. д.

*Закрытое анкетирование* содержит такие вопросы, которые перечисляют возможные ответы. Респондент должен подчеркнуть нужные вопросы, то есть выбрать из предлагаемых, например: «Какой вид спорта вам нравится больше всего: футбол, плавание, легкая атлетика?», «Занятия какими видами спорта вы предпочитаете: спортивные игры, легкая атлетика, единоборства?», «Как вам нравится заниматься спортом: индивидуально, в малой группе, в большом коллективе?» и т. д.

*Очное анкетирование* — способ заполнения анкеты респондентом в присутствии исследователя. В этом случае исследуемый имеет возможность проконсультироваться по вопросам заполнения анкеты, выяснить мнение других респондентов и т. д.

*Заочное анкетирование* — способ заполнения анкеты по усмотрению респондента. Анкета отправляется по почте.

*Индивидуальное анкетирование* — способ работы респондента, когда анкета заполняется одним лицом.

*Групповое анкетирование* — способ работы респондентов, когда анкета заполняется группой лиц.

*Персональное анкетирование* предполагает заполнение анкеты, в демографической части которой требуется указать паспортные данные респондента.

*Анонимное анкетирование* проводится без записи паспортных данных, что позволяет респонденту быть полностью откровенным в ответах на любые вопросы.

После проведения анкетирования происходит подсчет голосов респондентов, то есть подводится итог анкетирования, на базе которого определяется изучаемый объект. Подсчитанные голоса должны быть занесены в специальную таблицу, размер которой зависит от демографической и основной частей. Такая таблица



сопровождается графическим изображением, например, ответы можно представить в виде гистограммы.

Если наибольшее значение имеет состав респондентов (демографическая часть), то выстраивают круговые диаграммы.

Например: 10 мальчиков и 10 девочек в возрасте 10–12, 12–14, 14–16, 16–18 лет ответили на вопрос «умеете ли вы плавать?». Результаты анкетирования представлены ниже (табл. 8; рис. 1, 2).

Таблица 8

Положительные ответы респондентов [2]

Возраст, лет	Мальчики	Девочки
10–12	4 (13 %)	5 (20 %)
12–14	7 (23 %)	5 (20 %)
14–16	9 (30 %)	7 (28 %)
16–18	10 (34 %)	8 (32 %)
<i>Всего</i>	<i>30</i>	<i>25</i>

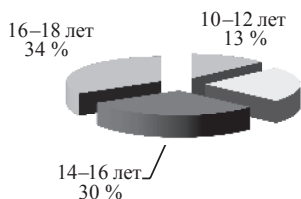


Рис. 1. Ответы мальчиков

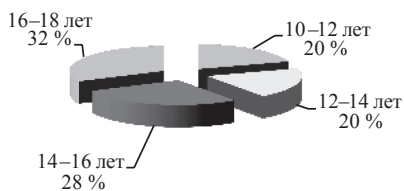


Рис. 2. Ответы девочек

### Контрольные вопросы

1. Что такое квалиметрия?
2. Какие существуют виды качественных показателей в спорте?
3. Что такое экспертиза, эксперт, экспертная оценка?
4. Какие существуют методы экспертных оценок?
5. Как повысить качество экспертизы?
6. В чем заключается метод анкетирования?

## Глава 4

# ОСНОВЫ ТЕОРИИ ТЕСТОВ

### 4.1. Тестирование в практике физической культуры и спорта

*Тестом* называется измерение или испытание, проводимое с целью определения состояния или способностей спортсмена. Таких измерений может быть проведено очень много, но в качестве тестов могут быть использованы лишь те, которые удовлетворяют следующим метрологическим требованиям:

- должна быть определена цель применения любого теста;
- следует разработать стандартизованную методику измерений результатов в тестах и процедуру тестирования;
- необходимо определить их надежность и информативность;
- должна быть разработана система оценок результатов в тестах;
- необходимо указать вид контроля (оперативный, текущий или этапный).

Процесс испытаний называется *тестированием*, полученное в итоге измерения числовое значение — *результатом тестирования* (или результатом теста). Например, бег на 100 м — это тест, процедура проведения забегов и хронометража — тестирование, время бега — результат теста [5].

Тесты, в основе которых лежат двигательные задания, называются *двигательными* (или *моторными*). В этих тестах в качестве результатов могут выступать либо двигательные достижения (время прохождения дистанции, число повторений, пройденное расстояние и т. п.), либо физиологические и биохимические показатели. В зависимости от этого, а также от задания, которое стоит

перед исследуемым, различают три группы двигательных тестов (табл. 9).

Таблица 9

**Разновидности двигательных тестов**

Название теста	Задание спортсмену	Результаты теста	Пример
Контрольные упражнения	Показать максимальный результат	Двигательное достижение	Бег на 1500 м, время бега
Стандартные функциональные пробы	Одинаковое для всех, дозируется а) по величине выполненной работы; б) по величине физиологических сдвигов	Физиологические или биомеханические 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, проба РWC 170
Максимальные функциональные пробы	Показать максимальный результат	Физиологические или биомеханические показатели	Определение максимального кислородного долга или максимального потребления кислорода

Иногда используется не один, а несколько тестов, имеющих единую конечную цель (например, оценку состояния спортсмена в соревновательном периоде тренировки). Такая группа называется комплексом, или *батареей тестов*.

Тесты, удовлетворяющие требованиям надежности и информативности, называют *добротными* или *аутентичными* [6].

## 4.2. Надежность тестов

**Надежностью тестов** называют степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей (или других объектов) в одинаковых условиях. В идеале один и тот же

тест, примененный к тем же испытуемым в тех же условиях, должен давать одинаковые результаты. Однако даже при самой строгой стандартизации испытаний и точной аппаратуре результаты тестирования всегда несколько варьируют. Например, спортсмен, только что показавший на кистевом динамометре результат 55 кг, через несколько минут покажет лишь 50 кг. Подобную вариацию называют внутрииндивидуальной или (используя более общую терминологию математической статистики) внутриклассовой. Ее вызывают четыре основные причины:

- 1) изменение состояния испытуемых (утомление, вработка, изменение мотивации, концентрации внимания и т. п.);
- 2) неконтролируемые изменения внешних условий и аппаратуры (температуры и влажности воздуха, напряжения в электросети, присутствие посторонних лиц, ветер и т. п.);
- 3) изменение состояния лица, проводящего или оценивающего тест, замена одного экспериментатора или судьи другим;
- 4) несовершенство теста (есть такие тесты, которые заведомо малонадежны, например штрафные броски в баскетбольную корзину до первого промаха; даже спортсмен, имеющий высокий процент попадания, может случайно ошибиться при первых бросках) [6].

Понятие об истинном результате теста является абстракцией.  $X_{\infty}$  в опыте измерить нельзя (ведь нельзя же в действительности провести бесконечно большое число наблюдений в одинаковых условиях). Поэтому приходится использовать косвенные методы. Наиболее предпочтителен для оценки надежности дисперсионный анализ с последующим расчетом внутриклассовых коэффициентов корреляции. Дисперсионный анализ позволяет разложить зарегистрированную в опыте вариацию результатов теста на составляющие, обусловленные влиянием отдельных факторов. Например, если зарегистрировать у испытуемых их результаты в каком-либо тесте, повторяя этот тест в разные дни, причем в каждый из дней

делать по несколько попыток, периодически меняя экспериментаторов, то будут иметь место следующие вариации:

- от испытуемого к испытуемому (межындивидуальные вариации);
- ото дня ко дню;
- от экспериментатора к экспериментатору;
- от попытки к попытке.

Дисперсионный анализ дает возможность выделить и оценить вариации, вызванные этими факторами.

Для случая двух попыток для оценки надежности может использоваться обычный коэффициент корреляции.

Коэффициент надежности не является абсолютным показателем, характеризующим тест. Этот коэффициент может изменяться в зависимости от контингента испытуемых (быть различным у начинающих и квалифицированных спортсменов), условий тестирования (проводится ли повторные попытки одна за другой или, с интервалом в одну неделю) и других причин. В связи с этим необходимо описывать, как и на ком проводился тест.

Фиксированного значения надежности, которое позволяло бы считать тест приемлемым, нет. Все зависит от важности выводов, сделанных на основе применения теста. И все же в большинстве случаев в спорте можно использовать следующие примерные ориентиры:

- 0,95–0,99 — отличная надежность,
- 0,90–0,94 — хорошая,
- 0,80–0,89 — приемлемая,
- 0,70–0,79 — плохая,
- 0,60–0,69 — для индивидуальных оценок сомнительная, тест пригоден лишь для характеристики группы испытуемых.

При нескольких повторных попытках результаты можно определять разными способами: а) по лучшей попытке, б) по средней арифметической величине, в) по медиане, г) по средней из двух или трех лучших попыток и т. п. Исследования показали, что в большинстве случаев наиболее надежным является

использование средней арифметической величины, несколько менее надежна медиана, еще менее надежна лучшая попытка. Говоря о надежности тестов, различают их *стабильность* (воспроизводимость), *согласованность*, *эквивалентность* [3].

*Стабильность теста* — это такая разновидность надежности, которая проявляется в степени совпадения результатов тестирования, когда первое и последующие измерения разделены определенным временным интервалом.

Повторное тестирование обычно называют *ретестом*. Различают два случая их применения. В одном ретест проводят для того, чтобы получить надежные данные о состоянии испытуемого в течение всего временного интервала между тестом и ретестом (например, чтобы получить надежные данные о функциональных возможностях лыжников в июне, у них проводят измерения МПК дважды с интервалом в одну неделю). При этом важны точные результаты теста, их надежность должна оцениваться с помощью дисперсионного анализа. В другом случае может быть важным лишь сохранение порядка испытуемых в группе (остается ли первый первым, последний — среди последних). В этом случае стабильность оценивают по коэффициенту корреляции между тестом и ретестом. Стабильность теста зависит от следующих факторов:

- вид теста;
- контингент испытуемых;
- временной интервал между тестом и ретестом.

Например, морфологические характеристики при небольших временных интервалах весьма стабильны; наименьшую стабильность имеют тесты на точность движений (это могут быть броски в цель и т. п.). У взрослых результаты тестирования более стабильны, чем у детей; у спортсменов — более стабильны, чем у не занимающихся спортом. С увеличением временного интервала между тестом и ретестом стабильность теста снижается.

*Согласованность теста* характеризуется независимостью результатов тестирования от личных качеств лица, проводящего или оценивающего тест. Она определяется по степени совпадения результатов, получаемых на одних и тех же испытуемых разными

экспериментаторами, судьями, экспертами. При этом возможны два варианта:

1. Лицо, проводящее тест, только оценивает его результаты, не влияя на его выполнение. Например, одну и ту же письменную работу разные экзаменаторы могут оценить по-разному. Нередко различаются оценки судей в гимнастике, фигурном катании на коньках, боксе, показатели ручного хронометрирования, оценка электрокардиограммы или рентгенограммы разными врачами и т. п.

2. Лицо, проводящее тест, влияет на результаты. Например, некоторые экспериментаторы лучше мотивируют испытуемых. Это сказывается на результатах (которые сами по себе могут измеряться вполне объективно). Согласованность теста — это, по существу, надежность оценки его результатов при проведении теста разными людьми.

Довольно часто тест представляет собой результат выбора из определенного числа однотипных тестов. Например, броски в баскетбольную корзину можно выполнять с разных точек, спринтерский бег может проводиться на дистанции 50, 60 или 100 м, подтягивания можно выполнять на кольцах или перекладине, хватом сверху или снизу и т. д. В таких случаях может использоваться метод параллельных форм, когда испытуемым предлагают выполнить две разновидности одного и того же теста и затем оценивают степень совпадения результатов [3].

Рассчитанный между результатами тестирования коэффициент корреляции называют *коэффициентом эквивалентности*. Отношение к эквивалентности тестов зависит от конкретной ситуации. С одной стороны, если два или больше тестов эквивалентны, их совместное применение повышает надежность оценок; с другой, может оказаться полезным оставить в батарее только один эквивалентный тест — это упростит тестирование и лишь незначительно снизит информативность комплекса тестов. Решение этого вопроса зависит от таких причин, как сложность и громоздкость тестов, степень необходимой точности тестирования и т. п.

Если все тесты, входящие в какой-либо комплекс тестов, высокоэквивалентны, он называется *гомогенным*. Весь этот комплекс измеряет какое-то одно свойство моторики человека. Например, комплекс, состоящий из прыжков с места в длину, вверх и тройного, будет гомогенным. Если в комплексе нет эквивалентных тестов, то все тесты, входящие в него, измеряют разные свойства. Такой комплекс называется *гетерогенным*. Пример гетерогенной батареи тестов: подтягивания на перекладине, наклон вперед (для проверки гибкости), бег на 1500 м.

Надежность тестов может быть повышена до определенной степени при соблюдении следующих условий:

- более строгая стандартизация тестирования;
- увеличение числа повторных попыток;
- увеличение числа оценщиков (судей, экспертов) и повышение согласованности их мнений;
- увеличение числа эквивалентных тестов;
- лучшая мотивация испытуемых [5].

### 4.3. Информативность тестов

*Информативным* называется тест, по результатам которого можно судить о свойстве (качестве, способности и т. п.), измеряемом в ходе контроля. Если говорить об оценке подготовленности спортсменов, то наиболее информативным показателем является результат в соревновательном упражнении. Однако он зависит от большого количества факторов, и один и тот же результат в соревновательном упражнении могут показывать люди, заметно отличающиеся друг от друга по структуре подготовленности. Например, спортсмен с отличной техникой плавания и относительно невысокой физической работоспособностью и спортсмен со средней техникой, но с высокой работоспособностью будут соревноваться одинаково успешно (при прочих равных условиях). Для выявления ведущих факторов, от которых зависит результат в соревновательном упражнении, и используются информативные тесты. Но как узнать меру информативности каждого из них? Например, какие из перечисленных тестов информативны при оценке



подготовленности теннисистов: время простой реакции, время реакции выбора, прыжок вверх с места, бег на 60 м? Для ответа на этот вопрос необходимо знать методы определения информативности. Существуют два метода определения информативности: *логический* (содержательный) и *эмпирический*.

***Логический метод определения информативности тестов.***

Его суть заключается в логическом (качественном) сопоставлении биомеханических, физиологических, психологических и других характеристик. Предположим, что мы хотим подобрать тесты для оценки подготовленности высококвалифицированных бегунов на 400 м. Расчеты показывают, что в этом упражнении при результате 45,0 с примерно 72 % энергии поставляется за счет анаэробных механизмов энергопродукции, и 28 % — за счет аэробных. Следовательно, наиболее информативными будут тесты, позволяющие выявить уровень и структуру анаэробных возможностей бегуна: бег на отрезках 200–300 м с максимальной скоростью, прыжки с ноги на ногу в максимальном темпе на дистанции 100–200 м, повторный бег на отрезках до 50 м с очень короткими интервалами отдыха. Как показывают клинико-биохимические исследования, по результатам этих заданий можно судить о мощности и емкости анаэробных источников энергии, и, следовательно, их можно использовать в качестве информативных тестов. Приведенный выше пример имеет ограниченное значение, так как в циклических видах спорта логическая информативность может быть проверена экспериментально. Чаще всего логический метод определения информативности используется в тех видах спорта, где нет четкого количественного критерия. Например, в спортивных играх логический анализ фрагментов игры позволяет вначале сконструировать специфический тест, а затем проверить его информативность [5].

***Эмпирический метод определения информативности тестов*** (применяется в тех случаях, когда существует измеряемый критерий). Процедура логического анализа для предварительной оценки информативности тестов позволяет отсеять заведомо неинформативные тесты, структура которых мало соответствует

структуре основной деятельности спортсменов или физкультурников. Остальные тесты, содержательная информативность которых признана высокой, должны пройти дополнительную эмпирическую проверку. Для этого результаты теста сопоставляют с *критерием*. В качестве последнего обычно используют:

- результат в соревновательном упражнении;
- наиболее значимые элементы соревновательных упражнений (например, длина шага в беге, сила отталкивания в прыжках, успешность борьбы под щитом в баскетболе, выполнение подачи в теннисе или волейболе, процент точных длинных передач в футболе);
- результаты тестов, информативность которых для спортсменов данной квалификации была установлена ранее;
- сумму очков, набранную спортсменом при выполнении комплекса тестов;
- квалификацию спортсменов.

При использовании первых четырех критериев общая схема определения информативности теста следующая.

1. Измерение количественных значений критериев. Для этого не обязательно проводить специальные соревнования, можно использовать результаты соревнований, прошедших ранее. Важно, чтобы соревнование и тестирование не были разделены длительным временным промежутком.

Если в качестве критерия предполагается использовать какой-либо элемент соревновательного упражнения, необходимо, чтобы он был наиболее информативным.

2. Проведение тестирования и оценка его результатов.

3. Вычисление коэффициентов корреляции между значениями критерия и тестов. Полученные в ходе расчетов наибольшие коэффициенты корреляции будут указывать на высокую информативность тестов.

***Эмпирический метод определения информативности тестов*** (единичного критерия нет; информативность факторная). Нередко бывает так, что единичный критерий, с которым можно сравнить результаты предполагаемых тестов, отсутствует.

Допустим, необходимо найти наиболее информативные тесты для оценки силовой подготовленности молодежи. Что выбрать: подтягивания на перекладине или отжимания в упоре на брусьях, приседания со штангой, тягу штанги либо переход в сед из положения лежа на спине? Что здесь может быть критерием правильного выбора теста?

Имеется путь, основанный на идеях факторного анализа. *Факторный анализ* — один из методов многомерной статистики. Это довольно сложный метод. Факторный анализ исходит из того, что результат любого теста является следствием одновременного действия ряда непосредственно не наблюдаемых (как иначе говорят, латентных) факторов. Например, результаты в беге на 100, 800 и 5000 м зависят от скоростных качеств спортсмена, его силы, выносливости и т. д. Значение этих факторов для каждой из дистанций не одинаково важно. Если выбрать два теста, на которые влияют примерно в равной степени одни и те же факторы, то результаты в этих тестах будут сильно коррелировать друг с другом (например, в беге на дистанциях 800 и 1000 м). Если же у тестов нет общих факторов или они мало влияют на результаты, корреляция между этими тестами будет низкой (например, корреляция между результатами в беге на 100 и 5000 м). Когда берется большое число разных тестов и рассчитываются коэффициенты корреляции между ними, то с помощью факторного анализа можно определить, сколько факторов совместно действует на данные тесты и какова степень их вклада в каждый тест, а затем уже легко выбрать тесты (или их комбинации), которые наиболее точно оценивают уровень отдельных факторов. В этом состоит идея факторной информативности тестов. Следующий пример конкретного эксперимента показывает, как это делается [6].

Применение информативных тестов позволяет получить достоверную информацию о тренировочной и соревновательной деятельности спортсменов. Использование этой информации при подготовке и коррекции тренировочных планов существенно повышает их качество. Однако следует отметить, что не существует универсальных по своей информативности тестов.

Утверждение, что такой тест, как бег на 100 м, информативно отражает скоростные качества спортсмена, и правильно, и неправильно. Правильно, если речь идет о спортсменах очень высокой квалификации, пробегающих эту дистанцию за 10–10,5 с. Неправильно, если говорить о спортсменах, достижения которых на этой дистанции — 11,6 с и более: для них это тест на скоростную выносливость [5].

Коэффициенты информативности очень сильно зависят от надежности теста и критерия. Тест с низкой надежностью всегда малоинформативен. Недостаточная надежность критерия также приводит к снижению коэффициентов информативности. Фиксированной величины информативности теста, после которой можно считать тест пригодным, нет. Здесь многое зависит от конкретной ситуации: желаемой точности прогноза, необходимости получить хотя бы какие-то дополнительные сведения о спортсмене и т. п. Практически для диагностики используются тесты, информативность которых не меньше 0,3. Для прогноза, как правило, нужна более высокая информативность — не менее 0,6.

Информативность батареи тестов, естественно, выше, чем информативность одного теста. Бывает так, что информативность одного отдельно взятого теста слишком низка, чтобы этим тестом пользоваться. Информативность же батареи тестов может быть вполне достаточна.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется тестом?
2. Какие виды двигательных тестов вам известны?
3. Каковы метрологические требования к тестам?
4. Что называется надежностью теста, и каковы ее составляющие?
5. Как установить степень надежности теста, и каковы пути ее повышения?
6. Что понимается под информативностью теста, и на какие виды она подразделяется?
7. Как определяется содержательная информативность теста?
8. Как определяется эмпирическая информативность теста?

## Глава 5

# МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНТРОЛЯ

### 5.1 Управление и контроль в спортивной тренировке

*Управление* — это изменение состояния системы посредством управляющих воздействий, которые направлены на достижение цели.

*Система* (греч. *systema* — целое, составленное из частей) — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, решающую общую определенную задачу (сердечно-сосудистая система человека, организм спортсмена, система «ученик — тренер», спортивный клуб и т. д.). Однотипные системы (например, сердечно-сосудистые системы разных спортсменов) имеют однотипные свойства, отличающиеся по величине. *Элемент системы* — это структурная единица системы, составная ее часть. Каждая система имеет свои характеристики. Величина, характеризующая какое-либо свойство системы, называется *переменной*. Всякая система характеризуется большим числом переменных, но не все они одинаково важны. Переменные, которые важны с точки зрения рассматриваемой задачи, называются *существенными* (или информативными), а те, которые с этой точки зрения не важны, несущественными (или неинформативными).

*Состояние системы* — это комплекс значений ее существенных переменных в данный момент.

В физическом воспитании и спорте под системой понимают объект изучения — спортсмена, группу спортсменов. Каждая

система имеет определенное состояние в любой момент времени. Различают начальное состояние (до начала управления), конечное и ряд промежуточных. Порядок смены состояний системы рассматривается как поведение системы.

Итак, измерение переменных системы позволяет получить представление о состоянии системы в момент измерения. Например, 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 определенное, наперед заданное состояние. Эта задача известна в теории систем как задача управления системой [1; 7].

*Цель управления* — переместить систему в желаемое состояние (например, достичь высокого уровня мастерства спортсмена или из состояния низкой тренированности перевести систему в состояние высокой тренированности).

Управление различными системами (биологической, технической и др.) имеет свои особенности. Однако некоторые принципы управления справедливы для систем любого происхождения, назначения и сложности. К таким общим основополагающим принципам относятся принципы иерархичности и обратной связи.

*Принцип иерархичности* состоит в ступенчатом построении управляющей системы, при котором функции управления распределяются между ее соподчиненными частями. Иначе говоря, все подсистемы управления взаимосвязаны, взаимодействуют друг с другом при соблюдении строгой субординации. При этом управляющие сигналы подсистем старшего ранга носят обобщенный характер и конкретизируются в подсистемах младшего ранга. Исключительным примером тому может являться центральная нервная система человека, где четко обозначена иерархия управления — от коры головного мозга до спинальных нейронов.

Управляемая система состоит из двух частей — *управляемого* и *управляющего* объектов, которые всегда соединены связями (каналы прямой и обратной связи). *Прямая связь* идет от управляющего объекта к объекту управления, а *обратная* — от объекта управления к управляющему устройству или органу. Обратная связь является важнейшим принципом управления любой функциональной системой [1].

Спортивная тренировка, так же как и физическое воспитание, представляет собой процесс управления. В каждый момент времени человек находится в определенном физическом состоянии, которое определяют как здоровье, состояние физиологических функций, технико-тактическую подготовленность, уровень развития физических качеств.

Понятно, что физическое состояние, которого человек достигает под влиянием условий жизни, обычно далеко от желаемого. Ибо каждый вид спорта требует определенного 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 определенных свойств и качеств организма спортсмена. Построив тренировочный процесс соответствующим образом, можно повысить уровень одного или нескольких качеств, то есть 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 силу или выносливость спортсмена. Это можно сделать только опосредованно. Фактически тренер-педагог управляет лишь действиями (поведением) спортсмена: он задает ему определенную программу упражнений

(тренировочную нагрузку) и добивается ее 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 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 [1].

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.

Например, желая развить у пловца выносливость, тренер предлагает ему проплыть шесть раз по 100 м с определенной скоростью и интервалами отдыха, то есть он управляет поведением спортсмена. В результате выполнения этой нагрузки в организме спортсмена произойдут некоторые физиологические сдвиги — это срочный тренировочный эффект. При систематических занятиях накопление их следов приведет к кумулятивному тренировочному эффекту — росту выносливости пловца.

Но эту схему следует уточнить. Поведением спортсмена управляет не тренер, а сам спортсмен. Тренер дает ему указания, которые он может выполнить, а может и не выполнить. Поэтому специфика управления в спортивной тренировке заключается в том, что мы пытаемся воздействовать *на самоуправяемую систему* (организм спортсмена). Реакции этой системы определяются ее 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



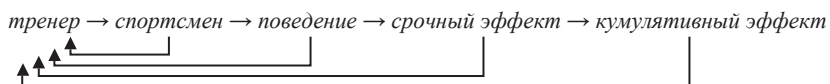
же воздействие, получим одну и ту же ответную реакцию. Одинаковая тренировочная нагрузка может вызвать разный тренировочный эффект. В связи с этим актуален вопрос об обратной связи (контроле).

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

Сбор информации о состоянии объекта управления и сравнение его действительного состояния с должным называется **контролем**. Принято различать 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:



Следует иметь в виду, что эта схема отражает лишь принципиальную сторону вопроса. Контроль спортивной тренировки — 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.

Для того чтобы спортивная тренировка стала действительно управляемым процессом, необходимо, чтобы тренер принимал решения с учетом результатов объективных измерений. Тренировка, построенная с учетом только самочувствия спортсмена и интуиции тренера, не может дать хороших результатов в современном спорте. Впрочем, не менее опасна и противоположная ошибка — недооценка самочувствия спортсмена. Поэтому только гармоничное сочетание объективных и субъективных показателей может обеспечить успех.

Контроль начинается с измерения, но не исчерпывается им. Нужно еще знать, что и как измерять, уметь выбирать информативные (существенные) показатели системы, грамотно использовать математический аппарат обработки информации и интерпретировать результаты исследования [1].

## 5.2. Оперативный, текущий, этапный контроль

Каждому тренеру приходится составлять три разновидности планов: 1) план для проведения тренировочного занятия; 2) план микроцикла; 3) план (программу) подготовки на этап, период. Необходимость этих трех документов планирования обуславливается следующими обстоятельствами. Цель тренировки — это воздействие на состояние спортсмена, в результате которого состояние изменяется. Практический опыт и результаты научных исследований показывают, что состояние не является единым понятием. Различают три типа состояний: устойчивое (этапное, перманентное), текущее и оперативное.

1. *Устойчивое (этапное) состояние* можно поддерживать относительно долго — на протяжении недель, месяцев. Комплексная характеристика этапного состояния спортсмена, отражающая его возможности к демонстрации спортивных достижений, называется подготовленностью, а состояние оптимальной (наилучшей для данного момента тренировки) подготовленности — *спортивной*

*формой*. Очевидно, что в течение одного или нескольких дней нельзя достигнуть состояния спортивной формы или утратить его. Этапное состояние является следствием многих тренировочных занятий, воздействия которых постепенно суммируются, то есть в основе этапных состояний лежит кумулятивный тренировочный эффект.

2. *Текущее состояние* характеризуется повседневными колебаниями уровня подготовленности (этапного состояния) спортсменов. Нагрузка любого из занятий повышает или снижает этот уровень. Но обычно такие изменения устраняются в интервалах отдыха между занятиями. В их основе лежит отставленный тренировочный эффект. Текущее состояние спортсмена определяет нагрузку тренировочных занятий в микроцикле тренировки.

3. Состояние спортсмена в момент выполнения упражнения (или сразу же после его окончания) называется *оперативным*. Оно неустойчиво и быстро изменяется после отдыха между повторениями упражнения или снижения нагрузки в нем. Оперативное состояние изменяется в ходе тренировочного занятия. Этими изменениями тренер может управлять, если будет правильно планировать длительность и интенсивность упражнений, интервалы отдыха, число повторений [3; 7].

Содержание и организация комплексного контроля каждого состояния неодинаковы. Поэтому различают следующие виды контроля:

- 1) этапный контроль, цель которого — оценить подготовленность спортсмена;
- 2) текущий контроль, по результатам которого определяют повседневные (текущие) колебания этой подготовленности;
- 3) оперативный контроль, который позволяет определить состояние спортсмена непосредственно в момент выполнения упражнений.

Рассмотрим схему, иллюстрирующую соотношение между направлениями и разновидностями комплексного контроля (табл. 10).

**Соотношение между направлениями  
и разновидностями комплексного контроля [5]**

Разновидность комплексного контроля	Направление контроля		
	Контроль соревновательной деятельности (СД)	Контроль тренировочной деятельности	Контроль подготовленности спортсменов
Этапный контроль	<p>А. Измерение и оценка различных показателей на соревнованиях, завершающих определенный этап подготовки.</p> <p>Б. Анализ динамики показателей СД на всех соревнованиях этапа</p>	<p>А. Построение и анализ динамики характеристик нагрузки на этапе подготовки.</p> <p>Б. Суммирование нагрузок по всем показателям за этап и определение их соотношения</p>	Измерение и оценка показателей и контроля в специально организованных условиях в конце этапа подготовки
Текущий контроль	Измерение и оценка показателей на соревновании, завершающем микроцикл тренировки (если оно предусматривается планом)	<p>А. Построение и анализ динамики характеристик нагрузки в микроцикле тренировки.</p> <p>Б. Суммирование нагрузок по всем характеристикам за микроцикл и определение их соотношения</p>	Регистрация и анализ повседневных изменений подготовленности спортсменов, вызванных систематическими тренировочными занятиями
Оперативный контроль	Измерение и оценка показателей на любом соревновании	Измерение и оценка физических и физиологических характеристик нагрузки упражнений, серии упражнений, тренировочного занятия	Измерение и анализ показателей, информативно отражающих изменение состояния спортсменов в момент или же сразу после упражнений и занятий

Цель *этапного контроля* — получить информацию, на основании которой можно составить планы подготовки на период, этап или какой-то другой относительно длительный срок. Программа этапного контроля формируется следующим образом.

Один блок (батарею) составляют общие для многих видов спорта неспецифические тесты. Они предназначены для оценки физического состояния спортсмена. Критериями физической работоспособности в таких тестах являются: 1) время, в течение которого спортсмен мог выполнять задание; 2) объем работы (он определяется как произведение средней мощности на время теста); 3) максимальное потребление кислорода. Кроме того, непосредственно измеряются или рассчитываются такие показатели, как максимальная легочная вентиляция, концентрация молочной кислоты в мышцах и артериальной крови, максимальный кислородный долг и т. п. Значения всех этих показателей сравниваются с исходными (показателями покоя) и с объемом работы в тесте. На основании исходных данных и результатов сравнения делается вывод о здоровье и физической работоспособности спортсменов [8].

Второй блок — это специфические тесты, структура которых должна соответствовать структуре соревновательного упражнения. Мера их информативности определяется по величине коэффициентов корреляции между результатами в соревнованиях и достижениями в тестах.

Этапный контроль предполагает регистрацию достижений в соревнованиях и тестах (или только в тестах) в начале и конце очередного этапа подготовки. Анализ результатов контроля проводится на основании оценки зависимости между приростами достижений в соревновательных упражнениях и тестах, с одной стороны, и частными объемами нагрузок за этап — с другой. Для этого частные объемы специализированных и неспециализированных упражнений, а также упражнений разной направленности сопоставляются с показателями кумулятивного тренировочного эффекта [9].

При организации этапного контроля следует на всех этапах подготовки использовать одни и те же тесты (такие тесты

называют сквозными). В этом случае можно получить динамику показателей и проанализировать ее.

Основная задача *текущего контроля* — сбор и анализ информации, необходимой для планирования нагрузок или их коррекции в микроциклах тренировки. Рассмотрим следующий пример. Из результатов научных исследований и практического опыта известно, какой должна быть структура нагрузок микроцикла в том или ином виде спорта. Исходя из этого, тренер составляет план тренировок, предполагая, что выполнение заданий приведет к нужному тренировочному эффекту. Это должно подтвердить или опровергнуть текущий контроль. Если его результаты показывают соответствие запланированным, то можно и дальше выполнять запланированную на последующие дни работу. В случае несоответствия необходима коррекция нагрузок. Эффективность такого регулирования проявляется в приближении реальных результатов тренировки к должным. Кроме того, у тренера постепенно накапливается информация о том, к каким последствиям приводят разные схемы нормирования нагрузок в микроциклах. Он систематизирует ее и в дальнейшем более обоснованно распределяет объем и содержание нагрузок по дням микроцикла. Главным в таком подходе является выбор метрологически корректных тестов текущего контроля. Информативность их определяется на основе сопоставления ежедневной динамики результатов в тестах со следующими критериями:

- достижения в комплексе тестов;
- показатели выполняемой тренировочной нагрузки.

Надежность тестов текущего контроля оказывается высокой, если дисперсия повторных измерений, проведенных в один из дней, будет намного меньше, чем дисперсия результатов ежедневных измерений.

Основная задача *оперативного контроля* — экспресс-оценка состояния, в котором находится спортсмен в момент или сразу по окончании упражнения (серии упражнений, занятия). В содержание этой разновидности контроля входит также срочная оценка техники упражнений и тактики. Оперативный контроль является

наиболее важным, так как по его результатам судят о соответствии реального срочного тренировочного эффекта запланированному.

Методика оперативного контроля и планирования заключается в следующем: вначале задаются должные тренировочные эффекты, затем подбираются тренировочные средства и методы, которые позволяют их достичь. В связи с этим к тестам и методике оперативного контроля, которые должны подтверждать достижения запланированных результатов, предъявляются очень жесткие требования. Если условия позволяют, то контроль осуществляется непосредственно по ходу выполнения упражнения. Если нет, то сразу же по его окончании.

Информативность тестов оперативного контроля определяется тем, насколько они чувствительны к выполняемой нагрузке. Этому требованию в наилучшей степени удовлетворяют биомеханические, физиологические и биохимические показатели. Степень информативности тестов оперативного контроля определяется значением коэффициента корреляции, рассчитанного между изменениями критерия и изменениями в тесте.

Надежность тестов оперативного контроля зависит прежде всего от следующих факторов:

- точность воспроизведения величины нагрузки в повторных попытках;
- неизменность подготовленности спортсменов в разные этапы тестирования.

Результаты оперативного контроля будут полезны лишь в том случае, если при их анализе будут учитываться устойчивые (этапные) состояния спортсменов. Оперативная оценка «физиологической стоимости» разных тренировочных упражнений и учет взаимодействия срочного тренировочного эффекта каждого из них имеют важное значение в выборе рациональной последовательности упражнений в занятии. Планируя нагрузку, тренер должен предусмотреть положительное взаимодействие срочного тренировочного эффекта разных упражнений. Это позволит усилить сдвиги в организме, вызванные предшествующей и последующей работой.

Оперативная оценка технико-тактического мастерства спортсменов предполагает контроль их действий в соревнованиях и на тренировках [3; 7].

### **5.3. Контроль физической подготовленности**

В процессе *комплексного контроля* в спорте специалисты разного профиля (педагоги, врачи, биомеханики, физиологи, биохимики, психологи и др.) собирают множество информации о состоянии спортсмена, что позволяет в значительной степени объективно управлять учебно-тренировочной деятельностью. *Цель комплексного контроля* — всесторонняя проверка уровня подготовленности спортсмена (физкультурника), проводимая во время этапных или углубленных комплексных обследований, а также регистрация показателей физического и психического состояния, уровня технико-тактического мастерства, особенностей соревновательной деятельности.

Выбор показателей комплексного контроля зависит от цели тестирования. В разных видах спорта программы комплексного контроля неодинаковы. В батарею тестов комплексного контроля подготовленности спортсменов должны входить информативные показатели состояния здоровья, телосложения, степени развития двигательных качеств, технико-тактического мастерства.

Рассмотрим вопросы контроля физической подготовленности, а также контроля технической и тактической подготовки.

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

- 1) комплексная оценка физической подготовленности с использованием широкого круга разнообразных тестов;
- 2) оценка уровня развития какого-либо одного качества (например, выносливости у пловцов);



- 3) оценка уровня развития одной из форм проявления двигательного качества (например, уровня скоростной выносливости у пловцов).

При тестировании физической подготовленности необходимо предварительно:

- определить цель тестирования;
- обеспечить стандартизацию измерительных процедур;
- выбрать тесты с высокой надежностью 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;
- иметь максимальную мотивацию на достижение предельных результатов в тестах (это условие не распространяется на стандартные функциональные пробы);
- иметь систему оценок достижений в тестах [3; 5].

Соблюдение всех этих условий обязательно, но особое внимание при проведении тестирования следует уделять созданию такого психического настроя, который бы позволил полностью выявить истинные возможности каждого спортсмена. Этого можно достичь, приблизив условия тестирования к соревновательным, в которых обычно демонстрируются наивысшие достижения.

### **5.3.1. Контроль скоростных качеств**

Скоростные качества спортсмена проявляются в способности выполнять движения в минимальный промежуток времени. Принято выделять *элементарные и комплексные формы проявления скоростных качеств* [5; 7].

*Элементарные формы* включают в себя:

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

*Комплексные формы* представлены быстротой выполнения спортивных движений (рывок нападающего в футболе или в хоккее, ударное или защитное действие в боксе и т. п.) и выполнении контрольных упражнений (бег на 30 м, челночный бег (3 по 10 м) и др.).

Время выполнения любого упражнения обычно складывается из двух переменных — *времени реакции и времени движения*. Например, результат в беге на 100 м, равный 10,15 с, представляет собой сумму времени стартовой реакции бегуна (0,15 с) и времени пробега дистанции (10,00 с). Вклад времени реакции оказывается наибольшим в тех упражнениях, где его значения сопоставимы со временем следующих за реагированием движений (наиболее типична такая ситуация в спортивных играх и единоборствах).

Различают *простые и сложные реакции*; последние, в свою очередь, подразделяются на *реакции выбора и реакции на движущийся объект*.

Время простой реакции обычно измеряют с помощью хронорефлексометра. Сигналами могут служить световой, звуковой, тактильный (температурный) раздражители.

В соревновательных условиях способ измерения простой реакции обуславливается особенностями старта либо условиями выполнения элементов соревновательного упражнения. Например, на стартовые колодки (стартовую тумбу бассейна и т. п.) помещаются контактные датчики. Стартовые пистолет, датчики и времяизмерительное устройство соединены между собой так, что выстрел пистолета запускает систему измерения простой реакции.

*Сложная реакция* характеризуется тем, что тип сигнала и вследствие этого способ ответа неизвестны (такие реакции свойственны преимущественно играм и единоборствам, где ответные движения спортсмена всецело определяются действиями соперника). Зарегистрировать время такой реакции в соревновательных условиях весьма трудно. Измерение *времени реакции на движущийся объект* проводится так: в поле зрения спортсмена

появляется объект (это может быть соперник, мяч, шайба, точка на экране и т. п.), на который нужно реагировать определенным движением. Длительность времени таких реакций составляет от 300 до 800 мс. Характер и длительность двигательных реакций всех типов зависят от многих факторов (вида спорта, возраста, квалификации и состояния спортсмена в момент измерения, сложности и освоенности движения, которым он реагирует на сигнал, типа сигнала и т. п.). В связи с этим вариативность времени двигательной реакции как показателя скоростных качеств оказывается весьма значительной.

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

К элементарным формам проявления скоростных качеств относится *частота одиночных движений*, которую можно оценивать по их количеству в единицу времени, или темпу.

При отсутствии инструментальных методов измерения частоты одиночного движения можно применять относительно простые методы. Например, выполнение пяти прыжков вверх или пяти приседаний с заданной амплитудой с максимально возможной скоростью, при этом с помощью секундомера регистрируется время выполнения задания с последующим расчетом 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 [3].

Также для контроля над элементарным проявлением скоростных качеств широко применяется 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).

Измерение времени (скорости) максимально быстрых движений осуществляется двумя способами: *ручным* (с помощью пружинного секундомера) и *автоматическим* (с помощью электромеханических спидографов, фотоэлектронных устройств, приборов, основанных на эффекте Доплера, лазеров и т. п.).

Надежные результаты можно получить, если использовать фотоэлектронную установку, состоящую из фотоэлементов, усилителя и регистрирующего устройства (электронных часов, осциллографа, самописца и т. п.).

В большинстве случаев комплексный контроль быстроты движения проводится с помощью тестов, надежность которых была заранее определена специалистами в области спортивной метрологии. При использовании нового теста необходима проверка его надежности. Для получения количественной оценки нужно определять коэффициент надежности. Для этого можно использовать два метода:

1) дисперсионный анализ, который позволяет рассчитать не только коэффициент надежности, но и установить влияние различных факторов на изменчивость результатов в тесте;

2) расчет коэффициента корреляции двух попыток.

Тесты, показатели надежности которых меньше 0,7, использовать не рекомендуется. Метрологический контроль с помощью малонадежных тестов приводит к ошибкам в оценке состояния спортсменов. Если эти ошибочные данные используются как контрольные параметры для построения тренировочной программы, это может привести к ошибкам тренировочного процесса в целом. В связи с этим всегда ставится задача повысить надежность тестов, применяемых для контроля тренировочного процесса и оценки подготовленности спортсменов. Для этого необходимо устранить причины, которые вызывают увеличение вариативности измерений, использовать адекватные и точные приборы, мотивировать спортсменов на максимальный результат в тесте и учитывать исходное функциональное состояние обследуемых лиц.

### 5.3.2. Контроль силовых качеств

Способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействовать ему посредством мышечных напряжений называют *силовыми качествами*. От уровня их развития зависят достижения практически во всех видах спорта, и поэтому методам контроля и совершенствования силовых качеств уделяется значительное внимание.

При контроле силовых качеств обычно учитывают три группы показателей:

- 1) основные (мгновенные значения силы в любой момент движения, в частности максимальную силу, среднюю силу);
- 2) интегральные — импульс силы;
- 3) дифференциальные — градиент силы.

*Максимальная сила* наглядна, но в быстрых движениях сравнительно плохо характеризует их конечный результат движения (например, корреляция между максимальной силой отталкивания и высотой прыжка может быть близка к нулю). Согласно законам механики конечный эффект действия силы, в частности достигнутое в результате изменение скорости тела усилие, определяется импульсом силы.

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

Различают два способа регистрации силовых качеств:

- 1) *без измерительной аппаратуры* (в этом случае оценка уровня силовой подготовленности проводится по тому наибольшему весу, который способен поднять или удерживать спортсмен);
- 2) *с использованием измерительных устройств* — динамометров или динамографов, а также тензометрических систем (с помощью встроенных тензодатчиков можно регистрировать силы реакции опоры, отталкивания, ударных действий и др.).

Существует два способа контроля силовых качеств — *прямой* и *косвенный*. В первом случае измеряют максимум силы разных форм движений (сгибания, разгибания, статические усилия). Здесь применять более сложные по координации движения нецелесообразно, так как результат в них в значительной степени зависит от технического мастерства. Во втором случае 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, метание гранаты или набивных мячей, подтягивание на перекладине и т. п. В этих случаях об уровне развития качеств судят по метрическим (*м, с*) и неметрическим (количество раз) параметрам [3].

*Измерение максимальной силы.* Понятие «максимальная сила» используется для характеристики абсолютной силы, проявляемой без учета времени, а также силы, время действия которой ограничено условиями движения. Максимальная сила измеряется в специфических тестах, когда регистрируют силовые показатели в соревновательном упражнении или близком к нему по структуре двигательных действий, и в неспецифических, где 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.

Зарегистрированные в ходе измерений показатели силы называют *абсолютными*; расчетным путем определяют *относительные* показатели (отношение абсолютной силы к массе тела).

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, надежность силовых тестов зависит от их сложности и способа измерения результатов. Наиболее надежны тесты, измерения

в которых проводятся механическими динамометрами. Сравнительно высокой надежностью характеризуются такие параметры, как градиенты силы и максимальной силы, измеряемой тензометрическими системами.

### 5.3.3. Контроль выносливости

*Выносливость* — это способность длительно выполнять упражнения без снижения их эффективности. Упражнений, используемых в практике спорта, много, и они разнохарактерны (по структуре, длительности, сложности и т. п.). Поэтому говорят о различных видах выносливости (общей и специальной, анаэробной и аэробной, силовой, локальной и глобальной, статической и динамической). Проявления выносливости многообразны и зависят от специфики вида спорта. Так, в спортивных играх выносливым считается спортсмен, способный поддерживать заданный темп до конца игры. При этом количество ошибок в технико-тактических действиях к концу игры не повышается. Аналогичны проявления выносливости в спортивных единоборствах, однако конкретные измерители этого качества здесь совершенно иные.

При измерении выносливости нужно учитывать следующие моменты:

- в основе разных проявлений выносливости лежат разные механизмы энергообеспечения; величина, характеризующая их емкость, является важным критерием выносливости;
- мощность и эффективность работы этих механизмов зависят от технико-тактического мастерства спортсменов, и прежде всего от эффективности техники;
- проявления выносливости и волевые качества взаимосвязаны.

Близко к понятию «выносливость» понятие «физическая работоспособность», которая определяет возможность человека выполнять физическую работу. Поэтому в ряде случаев методы измерения этих качеств спортсмена одинаковы.

Выносливость измеряется с помощью двух групп тестов:

- *неспецифические* (по их результатам оценивают потенциальные возможности спортсменов эффективно тренироваться или соревноваться в условиях нарастающего утомления);
- *специфические* (результаты этих тестов указывают на степень реализации этих потенциальных возможностей).

К неспецифическим тестам определения выносливости относят: а) бег на тредбане; б) вращение педалей на велоэргометре; в) степ-тест. Условия выполнения этих тестов должны быть стандартизированы; измерению обычно подлежат эргономические (время, объем и интенсивность выполнения заданий) и физиологические (потребление кислорода, ЧСС, порог анаэробного обмена и др.) показатели.

Специфическими считают такие тесты, структура выполнения которых близка к соревновательной. Поэтому для бегунов тестирование на тредбане, а для велосипедистов на велоэргометре необходимо рассматривать как методы контроля за специальной выносливостью. Спортсмен выполняет задание до полного утомления («до отказа»). Во время выполнения теста измеряются эргометрические, биохимические и физиологические показатели.

Наиболее распространенными показателями выносливости являются три эргометрические характеристики: *время, объем и интенсивность* выполнения заданий. В процессе контроля один из них задается в виде параметра (например, спортсмен должен бежать в течение 12 мин); второй непосредственно измеряется (регистрируется расстояние, которое пробежал спортсмен за эти 12 мин; например, 3 000 м); третий рассчитывается (для данного случая расчетная скорость бега составляет 4,16 м/с). При измерении выносливости с помощью любого из этих трех показателей оценка ее уровня должна быть одинаковой: спортсмену предлагают бежать 12 мин, за это время он пробегает 3 000 м, или ему предлагают пробежать 3 000 м, и он на это должен затратить 12 мин [3].



У каждого спортсмена в циклических видах спорта уровень выносливости 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:

$$ЗС = t_{\text{ср}} - t_{\text{л}}.$$

Коэффициент выносливости (КВ) — это отношение времени преодоления всей дистанции к времени преодоления эталонного отрезка:

$$\text{КВ} = \frac{t_{\text{л}}}{t_{\text{л}}},$$

чем он меньше, тем больше уровень выносливости.

Важными условиями обеспечения выносливости и физической работоспособности являются оптимизация и стабильность техники спортивных движений. Поэтому чем меньше изменяются биомеханические показатели в конце упражнения, тем выше уровень выносливости. Признаками наступления утомления и снижения физической работоспособности могут служить нарушение 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).

#### 5.3.4. Контроль гибкости

*Гибкость* — это способность выполнять движения с максимальной амплитудой в суставах. При анализе спортивной подготовленности выделяют два вида проявления подвижности в суставах: активную и пассивную гибкость.

*Активная гибкость* является показателем максимальной амплитуды движения в суставе при выполнении какого-либо

движения за счет активного напряжения мышц, управляющих данным биозвеном.

В свою очередь, *пассивная гибкость* определяется наибольшей амплитудой движения биозвена или всей биоцепи тела, которая достигается за счет внешней силы [7].

Величина силы должна быть стабильна для всех последующих измерений. Только в этом случае можно получить объективную оценку пассивной гибкости. Как правило, величина амплитуды движения в суставе при помощи внешней силы (пассивная гибкость) больше, чем та, которой удастся достичь за счет активного сокращения мышц, обслуживающих данный сустав. В этом случае разница в величинах активной и пассивной гибкости называется *дефицитом активной гибкости*. Таким образом, эта величина может быть рассмотрена как критерий состояния суставного и мышечного аппарата спортсмена на определенных этапах подготовки. При исследовании этого двигательного качества (гибкости) необходимо учитывать, что ее величина варьирует в зависимости от следующих факторов:

- время тестирования (установлено, что в 10 часов утра гибкость меньше, чем в 16 часов),
- температура воздуха, где проводится процедура измерения (например, при 25 °С гибкость больше, чем при 14 °С),
- стандартизованность разминки (под ее влиянием несколько повышается температура мышц и, соответственно, увеличивается гибкость).

Гибкость может быть измерена в следующих величинах:

- угловые градусы;
- линейные меры (см).

Измерить амплитуду движения в суставе можно, используя следующие методы:

- механический (гониометрический);
- механоэлектрический (электрогониометрический);
- оптический;
- рентгенографический.

В первом случае измерение производится с помощью *механического гониометра* — угломера, к одной из ножек которого прикреплен транспортир. Ножки гониометра крепятся на продольных осях сегментов, образующих сустав. При выполнении движения (разгибание, вращение и т. д.) изменяется угол между осями сегментов. Изменение данного угла регистрируется гониометром.

Во втором случае транспортир заменяют потенциометрическим датчиком, и получается *электрогониометр*. С его помощью получают гониограмму. Этот метод более точен.

Третий метод — *оптический*. Эти методы измерения гибкости основаны на применении цифровой, фото- и видеорегистрации. На суставных точках спортсмена укрепляют датчики — маркеры, изменение взаиморасположения которых фиксируется регистрирующей аппаратурой. Точность оптических методов зависит от следующих факторов:

- погрешность регистрирующей аппаратуры;
- способ крепления маркеров на суставных точках и величина их смещения при выполнении движения;
- погрешность анализа фото- и видеоматериалов.

Наиболее точный из оптических методов — стереоциклография в комплексе с компьютером. Эта комбинация позволяет регистрировать амплитуду движения в трехмерном пространстве.

Четвертый — *рентгенографический метод*, позволяющий определить теоретически допустимую амплитуду движения, рассчитав ее на основании рентгенологического анализа строения сустава. Он дает возможность 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  $140^\circ - 70^\circ = 70^\circ$  [1; 3; 7].

Это лишь теоретическая величина, на практике возможна и большая подвижность сустава за счет искусственного подвывиха в нем. В видах спорта, требующих большой амплитуды

движения в суставах, этот эффект (подвывих) становится привычным. Это достигается путем 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 вперед, назад и в стороны. Чтобы определить степень наклона туловища вперед из положения стоя, надо встать на скамейку и, не сгибая ног в коленях, до предела наклониться вперед (медленно), зафиксировав крайнее положение на 1–2 сек. 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 вперед из положения сидя на полу; расстояние между стопами — около 30 см, ступни вертикально, руки вперед-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 вперед по линейке), исследуемый должен задержаться в этом положении 1–2 сек. 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 [3; 10].

Такие и подобные комплексные методы измерения гибкости (размах поворота туловища право, влево и т. п.) считаются весьма относительными, так как 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.

Коэффициент надежности большинства тестов гибкости составляет 0,85–0,95. Информативность тестов на гибкость зависит от того, насколько амплитуда тестирующего движения совпадает с амплитудой соревновательного упражнения. Наибольшая информативность показателей гибкости маховых движений ногами отмечается у футболистов, барьеристов, прыгунов в высоту и длину.

Эквивалентность тестов на гибкость невелика: спортсмен, гибкий в одних движениях, может иметь невысокие показатели гибкости в других. Поэтому комплексная оценка гибкости возможна, если она измеряется в разных заданиях (в разных суставах).

### 5.3.5. Контроль ловкости

*Ловкость* характеризуют следующие свойства действий:

- умение выполнять координационно сложные движения;
- умение выполнять их точно (точность в данном случае означает, что биомеханические характеристики выполняемого движения близки к эталонным);
- способность быстро обучаться новым движениям с заданным уровнем точности;
- способность 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 четкое 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 центральной нервной системой.

Показатели ловкости, характеризующие умение выполнять координационно сложные движения и *точность* их выполнения, используются для контроля за 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 использованы 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; воспроизведение на динамометре усилия 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 ним 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 [3].

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

## **5.4. Контроль технической и тактической подготовленности**

*Контроль технической подготовленности* заключается в оценке того, что умеет делать спортсмен и как он выполняет освоенные движения. Различают два основных метода контроля технического мастерства: *визуальный* и *инструментальный*.

Первая группа методов (*визуальные*) является наиболее распространенной, особенно в таких видах спорта, как спортивные игры, гимнастика, единоборства, фигурное катание и некоторые другие. Наблюдение внешней картины движений, выявление их

пространственно-временной структуры проводятся как начальный этап экспертного оценивания. Визуальный контроль технического мастерства проводится двумя способами: в ходе непосредственных наблюдений за действиями спортсмена и с помощью видеотехники.

Второй способ более распространен, поскольку позволяет документально зафиксировать движения спортсмена, анализировать технику в динамике движения, использовать стоп-кадр и замедленное воспроизведение движения, что дает возможность контролировать детали техники, а также исключает влияние соревновательной обстановки (эмоциональное восприятие экспертом или его увлеченность 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 составляющая (усилие, приложенное к опоре или снаряду). Поэтому спортивный результат во многом зависит от того, как точно спортсмен воспроизводит усилия, от скорости их изменения, что, в свою очередь, зависит от степени совершенства внутренней организации движения (согласованности взаимодействия афферентных и эфферентных 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, результаты которого используются как критерии эффективности спортивной техники. Состав измерительных систем зависит от конкретной задачи исследования движения и может включать в себя большое разнообразие ее элементов: скоростная видеосъемка, оптико-электронные системы, системы



регистрации кинематики движений, многофункциональная динамометрия, тензометрия, стабилметрия, гониометрия, электромиография, математическое моделирование и др. [1; 3].

С помощью этих методов определяются такие важные особенности технического мастерства, как объем, разносторонность и эффективность техники.

*Объем техники* определяется общим числом действий, которые спортсмен выполняет на тренировочных занятиях и в соревнованиях. *Тренировочный объем техники* спортсмена свидетельствует о его потенциальных возможностях. *Соревновательный объем техники* вариативен и зависит от квалификации соперника, тактики поединка и т. п. Например, со слабым соперником удастся показать больший объем техники, а с сильным — меньший. Отношение соревновательного объема к тренировочному свидетельствует о реализации потенциальных возможностей технического мастерства.

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

*Эффективность техники спортивного движения* определяется по степени ее близости к индивидуально оптимальному варианту. Различают три группы показателей эффективности техники: абсолютные, сравнительные, реализационные. Наиболее эффективной должна быть признана такая техника движения, которая обеспечивает достижение наивысшего результата.

*Абсолютную эффективность* определяют путем 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, так как в ходе игры иногда более эффективным оказывается технический прием, 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 ее биомеханическому эталону рассматривать во вторую очередь.

Определение *сравнительной эффективности техники* предусматривает ее сравнение с техникой спортсменов высокой квалификации. Техника движения весьма индивидуальна, поэтому в качестве образца целесообразно выбирать такой эталон (выдающегося спортсмена), который по физической и психологической кондиции наиболее близок тому, кого с ним сравнивают. На практике в качестве образца часто используют усредненную 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 усредненной, 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 приемы 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 ее игры резко снизятся.

*Реализационная эффективность техники* оценивается путем 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 (2–5) показателей двигательного потенциала спортсмена, а также результата упражнения, в котором оценивается техника движения.

По уравнению регрессии и доверительным границам составляют специальные таблицы или номограммы, с помощью которых можно оценивать уровень реализации технического мастерства — от выше среднего до ниже среднего.

*Контроль освоенности техники.* Совершенствование технического мастерства осуществляется поэтапно, и на каждом из этапов необходимо контролировать освоенность техники движений. Для этого используют два критерия — результат упражнения и его биомеханические характеристики.

Выделяют два основных направления в контроле освоенности движений: определение *стабильности* техники; оценка ее *устойчивости*. 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 незначительно. Стабильность (малая вариативность) результатов и основных биомеханических характеристик при выполнении

движений в относительно комфортных условиях будет свидетельствовать об их освоенности.

Однако нередко случаются случаи, когда хорошо освоенные движения дают сбой, то есть техника неустойчива. Устойчивость техники освоенного движения определяется степенью снижения ее 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 счет 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 на соревнованиях позволяет определить причины ее снижения и наметить пути их устранения. Увеличение разброса биомеханических показателей техники движения в тренировке и на этом фоне последующее выполнение упражнения приводят к ошибкам в движениях. Умение определить в процессе контроля этот момент имеет большое значение, так как повторение упражнений с ошибками приведет 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 др.

**Контроль спортивной тактики.** *Тактикой* называется совокупность способов ведения спортивной борьбы.

*Элементами тактики* являются тактические ходы: технико-тактические действия, а также приемы 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: общий объем, разносторонность, рациональность, эффективность и освоенность тактики.

*Общим объемом тактики* называется перечень тактических ходов и вариантов, которыми владеет спортсмен или команда. *Соревновательным объемом тактики* называются ходы и варианты, которые используются в условиях соревнований.

*Разносторонность тактики* показывает, насколько разнообразен тактический арсенал спортсмена или команды. Одна из многочисленных классификаций тактических ходов делит их на монотонные, острые, дезинформирующие и страховочные.

*Монотонным* называют тактический ход, лишенный элемента неожиданности и потому не оказывающий решающего влияния на результат состязания (например, в футболе большинство видов ведения мяча, коротких и поперечных передач). Неожиданные, порой рискованные тактические ходы (перехваты мяча, длинные передачи, приемы в единоборствах) 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 [3; 6].

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. Все 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 признается раскладка.

*Эффективность тактики* характеризует тактическое мастерство конкретного спортсмена. Тактика тем эффективнее, чем ближе она к индивидуально оптимальному варианту. Способ контроля эффективности тактики совпадает с контролем за результативностью отдельных технико-тактических действий. В идеале каждый тактический прием 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 путем ее моделирования [3].

Вместе с тем, 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.

*Имитационным моделированием* называется создание модели реальной системы и экспериментирование с этой моделью с целью понять закономерности поведения системы либо оценить эффективность различных вариантов ее 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 компьютере и путем такого машинного эксперимента решать задачи оптимизации тактических вариантов (наиболее рациональных для данных профиля дистанции и условий скольжения) и возможностью использовать как математические уравнения и неравенства, так и качественные логические соотношения.

*Инструментальные методы контроля тактического мастерства* 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 надежным и объективным, если применять специальные механические приспособления или электронную

технику. Каждая клавиша этих устройств может служить символом наблюдаемого тактического действия, а само считывание их количества за требуемый период времени может осуществляться счетчиками 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 мультимедиапроектора 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 своем решении нажатием соответствующей клавиши. Электронный вычислитель автоматически подсчитывает суммарное время, затраченное на принятие решения, и число ошибок. Правильность или ошибочность решений определяется путем 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 тренажеры, имитирующие условия соревновательной деятельности (велоэргометр, гребной бассейн, тредбан, гидродинамический бассейн).

Использование инструментальных методов значительно повышает надежность регистрации показателей тактической подготовленности и существенно уменьшает трудоемкость контроля.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие показатели включает в себя техническое мастерство спортсмена?
2. Что такое объем техники?
3. Что такое разносторонность техники?
4. Что такое эффективность техники?
5. Что такое тактика? Назовите ее основные показатели.



# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение 1

### Стандартные значения критерия *t*-Стьюдента

Степени свободы ( <i>k</i> )	Уровень значимости ( <i>P</i> )			Степени свободы ( <i>k</i> )	Уровень значимости ( <i>P</i> )		
	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

**Критические значения критерия Фишера  $F$  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)**

$k_2$	$k_1$ — степени свободы для большей дисперсии														
	8	10	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	$\infty$
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	2,9	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	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4
14	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,4	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	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	1,9	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
25	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7
	3,3	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
30	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6
	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0
36	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,6
	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9
40	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5
	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8
50	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4
	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7
60	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4
	2,8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6
80	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3
	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5
100	2,0	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4
125	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
	2,7	2,5	2,3	2,2	2,2	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4
150	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2
	2,6	2,4	2,3	2,2	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
200	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
	2,6	2,4	2,3	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3
400	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
	2,6	2,4	2,2	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
1000	2,0	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2
$\infty$	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1

## СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И ПОНЯТИЙ

- Абсолютная погрешность** — величина, равная разности между показанием измерительного прибора и истинным значением измеряемой величины.
- Анкета** — опросный лист для получения каких-либо сведений об испытуемом.
- Вариационный ряд** — ряд ранжированных значений признака, в котором указана повторяемость или частота отдельных значений (вариант) в данной совокупности.
- Вариация** — внутренняя изменчивость или неоднородность результатов измерения.
- Вероятность** — мера объективной возможности ожидаемого результата.
- Выборочная совокупность (выборка)** — ряд результатов измерений, представленный случайными числами.
- Выносливость** — способность длительно выполнять упражнения без снижения их эффективности; принято различать виды выносливости — общую, скоростную, силовую и др.
- Генеральная совокупность** — совокупность всех значений, которые можно было бы получить для изучаемой выборки.
- Гибкость** — способность выполнять движения с большой амплитудой; различают активную и пассивную гибкость, а разница между ними называется дефицитом активной гибкости.
- Дисперсия** — показатель вариации эмпирических данных.
- Дополнительная погрешность** — погрешность измерительного прибора, вызванная отклонением условий его работы от нормальных.
- Достоверность** — то, что не вызывает сомнений; уверенность, с которой судят о генеральных параметрах по результатам выборочных наблюдений.
- Измерение** — установление соответствия между изучаемыми явлениями, с одной стороны, и числами, с другой; приписывание чисел вещам в соответствии с определенными правилами.
- Информативность теста** — степень точности теста, с какой он измеряет свойство, для оценки которого используется.

**Качественный показатель** — показатель, не имеющий определенной единицы измерения.

**Квалиметрия** — раздел метрологии, изучающий вопросы измерения и количественной оценки качественных показателей.

**Контроль** — взаимозависимость между варьирующими признаками.

**Критерий** (мерило, средство суждения) — показатель, позволяющий судить о надежности выводов относительно принятой гипотезы, ожидаемого результата и т. д.

**Кумулятивный тренировочный эффект** — изменения в организме, которые происходят в результате суммирования следов многих тренировочных занятий.

**Математическая статистика** — наука о математических методах систематизации и использования статистических данных для научных и практических выводов.

**Медиана** — результат измерения, занимающий центральное значение в выборке.

**Метрология** — наука об измерениях.

**Мода** — наиболее часто встречающаяся величина.

**Надежность теста** — степень совпадения результатов при повторном тестировании одних и тех же людей в одинаковых условиях.

**Нулевая гипотеза** — рабочая гипотеза, лежащая в основе критериев достоверности; заключается в предположении полного отсутствия различий между генеральными параметрами, оцениваемыми по выборочным показателям.

**Оперативное состояние** — состояние, изменяющееся под влиянием однократного выполнения физических упражнений; отражает срочный тренировочный эффект; должно учитываться при планировании интервалов отдыха и мощности нагрузки в тренировочном занятии.

**Основная погрешность** — погрешность метода измерения или измерительного прибора, которая имеет место в нормальных условиях их применения.

**Относительная погрешность** — отношение абсолютной погрешности к истинному значению измеряемой величины в %.

**Переменная** — величина, характеризующая какое-либо свойство системы.

**Ранг** — порядковый номер ранжированных значений признака; ранги — места, занимаемые в шкале порядка.

**Ранжирование** — расположение числовых значений признака (результатов измерений) в порядке их возрастания или убывания.

- Результат тестирования** — числовое значение, полученное в итоге измерения.
- Репрезентативность** — степень соответствия выборочных показателей их параметрам в генеральной совокупности.
- Ретест** — повторение тестирования.
- Силовые качества** — способность преодолевать внешнее сопротивление или противодействие ему посредством мышечных напряжений.
- Систематическая погрешность** — погрешность, величина которой не меняется от измерения к измерению.
- Скоростные качества** — способность выполнять движения в минимальный промежуток времени.
- Случайная погрешность** возникает под действием разнообразных факторов, которые ни предсказать заранее, ни точно учесть не удастся.
- Согласованность теста** — способность теста показывать один и тот же результат при осуществлении тестирования разными лицами.
- Спортивная метрология** — наука об измерениях в спорте, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.
- Срочный тренировочный эффект** — изменения в организме, которые наступают во время выполнения упражнений и сразу после их завершения.
- Стабильность теста** — способность теста показывать один и тот же результат по истечении некоторого времени в одинаковых условиях.
- Статистическая взаимосвязь** — соответствие одному значению одного показателя нескольким значениям другого.
- Статистический критерий** — правило, обеспечивающее принятие истинной и отклонение ложной гипотезы с заранее заданной вероятностью.
- Существенные переменные** — переменные, которые важны с точки зрения рассматриваемой задачи.
- Текущее состояние** — состояние, изменяющееся под влиянием одного или нескольких тренировочных занятий; определяет характер ближайших тренировочных занятий и величину нагрузок в их процессе.
- Тестирование** — процесс испытаний или измерений с помощью контрольного (стандартизированного) задания.
- Тренажер** — техническое средство, позволяющее в искусственно созданных условиях имитировать тренировочную и соревновательную деятельность.
- Управление** — целенаправленное изменение состояния системы.

**Функциональная взаимосвязь** — строгое соответствие каждого значения одного показателя определенному значению другого.

**Шкала** — элемент счетной системы, который позволяет отнести исследуемый объект к определенной группе.

**Эквивалентность теста** — способность теста показывать один и тот же результат при использовании разных тестовых заданий.

**Экспертиза** — оценка, полученная путем выяснения мнений специалистов.

**Этапное состояние** — следствие многих тренировочных занятий, воздействия которых постепенно суммируются; в его основе лежит кумулятивный тренировочный эффект; комплексная характеристика этапного состояния отражает спортивную подготовленность, или спортивную форму.

## СПИСОК БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ССЫЛОК

1. Спортивная метрология : учебник для ин-тов физич. культуры / под ред. В. М. Зацюрского. М. : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.
2. *Начинская С. В.* Спортивная метрология : учебник для студ. высш. проф. образования. М. : Академия, 2011. 240 с.
3. *Бочаров М. И.* Спортивная метрология : учеб. пособие. Ухта : УГТУ, 2012. 156 с.
4. Международная система единиц / под ред. Г. Д. Бурдуна. М. : Высш. школа, 1964. 274 с.
5. *Годик М. А.* Спортивная метрология : учебник для ин-тов физич. культуры. М. : Физкультура и спорт, 1988. 192 с.
6. *Зацюрский В. М.* Основы спортивной метрологии. М. : Физкультура и спорт, 1982. 254 с.
7. *Афанасьев В. В., Муравьев А. В. и др.* Спортивная метрология : учеб. пособие. Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2009. 242 с.
8. *Верхошанский Ю. В.* Основы специальной физической подготовки спортсменов. М. : Физкультура и спорт, 1988. 331 с.
9. *Годик М. А.* Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок. М. : ФиС, 1980. 136 с.
10. *Лях В. И.* Тесты в физическом воспитании школьников : пособие для учителя. М. : АСТ, 1998. 272 с.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Афанасьев В. В.* Спортивная метрология : учеб. пособие / В. В. Афанасьев, А. В. Муравьев, И. А. Осетров, П. В. Михайлов. Ярославль : Изд-во ЯГПУ, 2009. 242 с.
- Ашмарин Б. А.* Теория и методика педагогических исследований в физическом воспитании / Б. А. Ашмарин. М. : Физкультура и спорт, 1978. 223 с.
- Бернштейн Н. А.* Физиология движений и активность / Н. А. Бернштейн. М. : Наука, 1990. 496 с.
- Бочаров М. И.* Спортивная метрология : учеб. пособие / М. И. Бочаров. Ухта : УГТУ, 2012. 156 с.
- Верхошанский Ю. В.* Основы специальной физической подготовки спортсменов / Ю. В. Верхошанский. М. : Физкультура и спорт, 1988. 331 с.
- Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. М. : Высш. школа, 2004. 479 с.
- Годик М. А.* Контроль тренировочных и соревновательных нагрузок / М. А. Годик. М. : ФиС, 1980. 136 с.
- Годик М. А.* Спортивная метрология : учебник для ин-тов физич. культуры / М. А. Годик. М. : Физкультура и спорт, 1988. 192 с.
- Донской Д. Д.* Строение действия (биомеханическое обоснование строения спортивного действия и его совершенствования) / Д. Д. Донской. М. : Физкультурное образование и наука, 1995. 70 с.
- Защиорский В. М.* Основы спортивной метрологии / В. М. Защиорский. М. : Физкультура и спорт, 1982. 254 с.
- Измерения и вычисления в спортивно-педагогической практике : учеб. пособие для вузов физич. культуры / В. П. Губа [и др.]. М. : СпортАкадемПресс, 2002. 211 с.
- Коренберг В. Б.* Спортивная метрология : словарь-справочник : учеб. пособие для студентов вузов физ. культуры / В. Б. Коренберг. М. : Совет. спорт, 2004. 340 с.
- Ланда Б. Х.* Методика комплексной оценки физического развития и физической подготовленности : учеб. пособие / Б. Х. Ланда. 4-е изд., испр. и доп. М. : Совет. спорт, 2008. 244 с.



- Лях В. И.* Тесты в физическом воспитании школьников : пособие для учителя / В. И. Лях. М. : АСТ, 1998. 272 с.
- Начинская С. В.* Спортивная метрология : учебник для студентов высшего профессионального образования / С. В. Начинская. М. : Академия, 2011. 240 с.
- Основы математической статистики : учеб. пособие для ин-тов физич. культуры / под общ. ред. В. С. Иванова. М. : Физкультура и спорт, 1990. 175 с.
- Смирнов Ю. И.* Спортивная метрология : учебник для студ. пед. вузов / Ю. И. Смирнов, М. М. Полевщиков. М. : Академия, 2000. 232 с.
- Спортивная метрология : учебник для ин-тов физич. культуры / под ред. В. М. Зацюрского. М. : Физкультура и спорт, 1982. 256 с.

Учебное издание

Трифонова Надежда Николаевна  
Еркомайшвили Ирина Васильевна

## СПОРТИВНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Учебное пособие

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*  
Редактор *Е. В. Березина*  
Корректор *Е. В. Березина*  
Компьютерная верстка *Н. Ю. Михайлов*

План выпуска 2016 г. Подписано в печать 23.06.2016.  
Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Times.  
Уч.-изд. л. 5,8. Усл. печ. л. 6,5. Тираж 100 экз. Заказ № 97.

Издательство Уральского университета  
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ.  
620000, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 350-56-64, 350-90-13.  
Факс: +7 (343) 358-93-06.  
E-mail: [press-urfu@mail.ru](mailto:press-urfu@mail.ru)



