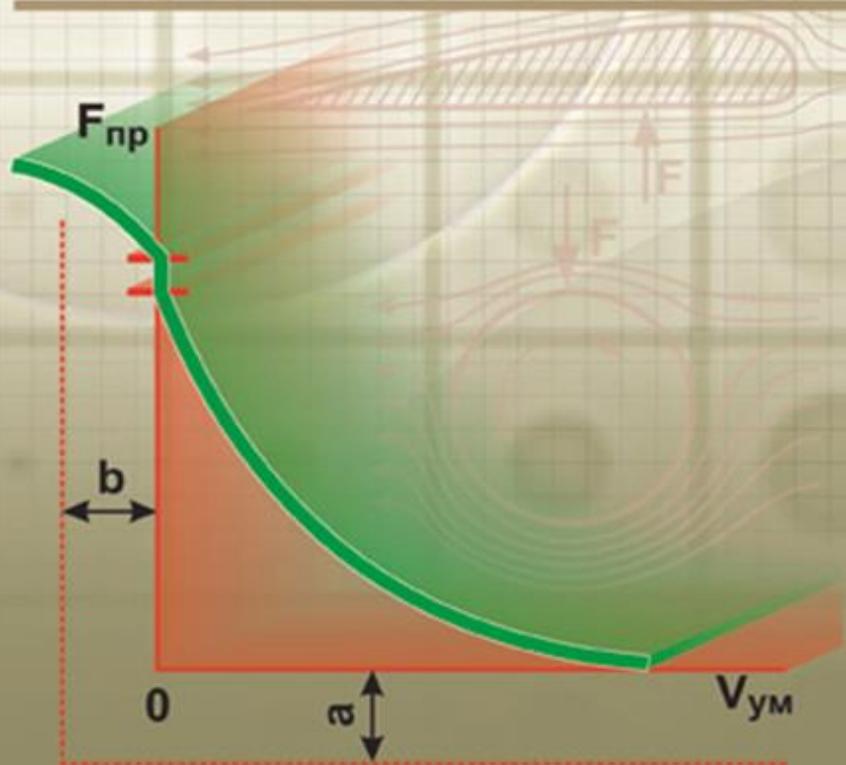




В. Б. КОРЕНБЕРГ

ЛЕКЦИИ ПО СПОРТИВНОЙ БИОМЕХАНИКЕ

(С ЭЛЕМЕНТАМИ КИНЕЗИОЛОГИИ)



ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКИЙ СПОРТ»

В. Б. КОРЕНБЕРГ

ЛЕКЦИИ ПО СПОРТИВНОЙ БИОМЕХАНИКЕ

С ЭЛЕМЕНТАМИ КИНЕЗИОЛОГИИ



**ОВЕТСКИЙ
ПОРТ**
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Москва 2011

УДК 796/799
ББК 75.0я73
К66



Коренберг В. Б.

К66 Лекции по спортивной биомеханике: учебное пособие /
В. Б. Коренберг. – М. : Советский спорт, 2011. – 206 с. : ил.

ISBN 978-5-9718-0528-1

Курс учебной дисциплины «Биомеханика», федеральный компонент учебной программы физкультурных вузов, рассчитан на 100 часов (из них 50 на самостоятельную работу студентов). Небольшой объем в часах при явно недостаточном знании студентами механики заставляет ограничивать курс элементарными основами спортивной биомеханики (название дисциплины «Спортивная биомеханика» представляется более правильным, так как по своему содержанию и подходам она резко отличается от других направлений биомеханики). Вместе с тем, поскольку биомеханика «в чистом виде» не может обеспечить эффективный анализ не просто спортивной двигательной активности, а ее анализ с позиций спортивной деятельности, т.е. не просто самих по себе двигательных действий без учета решаемых задач, а именно с позиций решения этих задач, в книгу включены элементы кинезиологических положений и подходов. Пособие рассчитано на студентов, аспирантов, слушателей ФПК и на то, чтобы в разных вузах можно было делать акценты на тех или иных разделах курса. К тому же есть студенты, аспиранты, слушатели ФПК, желающие глубже, чем другие, вникнуть в содержание курса, поэтому в лекциях затронуты и те вопросы, которые для большинства из них не обязательны. Преподаватель может ориентировать занимающихся на пропуск ненужных, по его мнению, разделов указанием на те из помещенных в конце лекции вопросов для самоконтроля, на которые не обязательно знать ответ.

УДК 796/799
ББК 75.0я73

© Коренберг В. Б., 2011
© Оформление. ОАО «Издательство
“Советский спорт”, 2011

ISBN 978-5-9718-0528-1

ОТ АВТОРА

По мере взросления любой науки становятся всё более заметными новые «белые пятна», на существующем ее уровне не поддающиеся «заполнению», не «закрываемые» знаниями и даже интуитивным пониманием. Наука должна развиваться, представления – совершенствоваться, усложняться. Должны развиваться и прикладные ее аспекты, тоже неизбежно усложняясь. Утверждение, будто хороший ученый может просто объяснить самые сложные понятия, таит в себе лукавство, не отвечает действительности. Популяризация научных положений всегда связана с условными упрощениями, а значит с некоторой вульгаризацией. Она в известных пределах и для известных целей может быть полезна и практически безвредна, но непомерное упрощение – обман, непременно связанный с искажениями смысла предмета рассмотрения. Как говорится, «иная простота хуже воровства».

Это особенно заметно в преподавании тех дисциплин, которые связаны со сложными абстракциями и обобщениями, не укладывающимися в повседневные житейские представления и обыденное мышление. Тем более, если эти дисциплины не относят к числу основных, и для их прохождения выделено так мало часов, что можно говорить только об ознакомлении с элементарными основами наук, которые они представляют.

Сказанное прямо относится к преподаванию биомеханики в физкультурных вузах. Утвердившаяся традиция как бы по умолчанию базируется на предположениях, будто: 1) с позиций механики можно безупречно обосновать целесообразность способов осуществления двигательных действий и 2) человек может иметь исчерпывающую информацию о реальности, что позволяет ему, используя знание некоторых простых закономерностей, целесообразно конструировать свою спортивную двигательную активность. Тем самым представления о реалиях беспредельно упрощаются, и освоившему курс кажется, что всё в спортивной двигательной сфере довольно просто и понятно. Но это же не так!

Практика физического воспитания и спорта нуждается в действенной помощи науки – и как объясняющего средства, и, в не

меньшей степени, как средства развивающего, совершенствующего практику, прокладывающего ей новые пути. Но для этого наука должна идти существенно впереди практики. Между тем сегодня теоретические познания в области двигательной активности и спортивной деятельности не только не опережают практику, но даже заметно отстают от нее, чем, можно полагать, объясняется невнимание практиков физического воспитания и спорта к научным представлениям и рекомендациям в этой области. Наука пока не может внятно, непротиворечиво объяснить и аргументированно обосновать даже многое из того, что практикой уже достигнуто: она живет давно устаревшими, зачастую научно некорректными установками и понятиями, апологетикой идей и схем, в свое время прогрессивных и продуктивных.

Кинезиология призвана изменить положение вещей к лучшему, заставляя понять огромную сложность двигательной сферы человека, необходимо втягивающую в себя активность не только мышц, но и большей части нервной системы – периферической, центральной – не говоря уже о соматических процессах. Чтобы понять сложное, необходимо его мысленно (иногда физически) моделировать, а значит – упростить. Но, продвигаясь в познании сложного, нужно и модели усложнять, совсем простые хороши лишь для рождения науки – так сказать, для ее старта.

Упрощение необходимо для понимания. Но непропорциональное упрощение больше обманывает, чем помогает разобраться в столь сложном феномене как спортивная двигательная активность. Потому и не сроднилась спортивная биомеханика за 80 лет своего существования с практикой спорта. Мостик между ними появится только если в биомеханику прочно войдут кинезиологические положения и представления – начало этому было положено Н.А. Бернштейном, но продолжения не последовало. Биомеханика, психология и педагогика в органическом единстве составляют ядро кинезиологии. В предлагаемые лекции включены ее элементы. Целесообразно постепенно всё более широко и глубоко внедрять в содержание учебной дисциплины «Биомеханика» кинезиологические представления. Вряд ли своевременно, да и вряд ли реально осуществимо одномоментное преобразование ее в дисциплину «Кинезиология».

Но в таком случае возникает целый ряд принципиальных вопросов самого разного уровня, на которые необходимо ответить, а для этого сначала их прояснить. Это неизбежно связано с ломкой ряда устаревших представлений и разработкой новых, не укладывающихся в многолетнюю традицию. Вряд ли такое преобразование может всем понравиться, тем более, что это влечет за собой значительное

усложнение понятий, отход от привычных (много десятилетий жестко насаждавшихся) вульгарно-материалистических представлений и образа мышления.

Включенные в предлагаемый курс лекций по спортивной биомеханике элементы кинезиологии по-новому освещают ряд важных, в том числе даже фундаментальных представлений, резко усложняющих традиционно навязываемую картину анализа и синтеза спортивной двигательной активности. Пересмотр представлений заставил изменить и понятийный, категориальный аппарат, а значит существенно модифицировать терминологию. Автор отнюдь не пытается утверждать, что здесь изложены истины в последней инстанции, это развивающаяся система представлений, а не застывшая догма. Один из главных критериев, которым руководствовался автор, – обнаружение внутренних противоречий как обоснование для построения внутренне непротиворечивых подходов, систем и логических схем.

Настоящее пособие, содержание которого существенно выходит за рамки Федерального стандарта учебной дисциплины «Биомеханика», может быть полезным тем, кто хочет лучше разобраться в сложном мире спортивной двигательной активности. При этом нужно понимать, что мы пока в начале пути, что непознанного куда больше, чем познанного. «Наука никогда не решает вопрос, не поставив десятка новых» (Бернард Шоу). На эти новые вопросы еще отвечать и отвечать. «Нужно бежать – иначе отстанешь», как сказала черная королева («Алиса в зазеркалье»). Если с тем или иным в книге читатель не согласится, то изложенное, во всяком случае, заставит его задуматься в поисках доводов против – а задумываться обязательно нужно и есть над чем. Сказал же А. Эйнштейн: «Была б моя воля, я повсюду поставил бы скамейки, чтобы человек мог сесть и задуматься». Задумайтесь.

Лекция 1

ВВЕДЕНИЕ В СПОРТИВНУЮ БИОМЕХАНИКУ

План лекции

1. Спортивная биомеханика.
2. Измерения, наблюдение, экстраполяции.
3. Мысленное моделирование.
4. Количественный и качественный анализ СДА.
5. Активность и деятельность.

1.1. Спортивная биомеханика

Предметная область, методологические основы. Спортивная биомеханика – одно из направлений биомеханики, существенно отличающееся от других ее направлений (инженерной, эргономической, медицинской, растений и животных) как предметной областью, так и методологически.

Существует спортивная биомеханика как *научная дисциплина*, в рамках которой проводят исследования, устанавливают закономерности и критерии, исследуют достижения спортивной практики, устанавливают принципы и методики моделирования фрагментов двигательной активности, выявления биомеханических причин двигательных ошибок и возможностей их преодоления. Кроме того, спортивная биомеханика рассматривает энергетическую сторону обеспечения двигательной функции. Наконец, изучение произвольных движений закономерно требует изучения функционирования афферентных систем, других механизмов управления телодвижениями и движениями, т.е. обращения к психическим и психофизиологическим функциям – это не свойственно другим направлениям биомеханики, которые изучают функции живого только с позиций механики и ее средствами.

Спортивная биомеханика выступает и как *педагогическое средство*, позволяющее повышать эффективность спортивной практики анализом двигательной активности и ее конструктив-

ным синтезом, обоснованием спортивной техники, ее конструированием, нахождением путей ее совершенствования, нахождением и осмыслением причин двигательных ошибок и эффективных путей борьбы с ними, в том числе путей и приемов профилактики их появления. Закономерности механики исправно «работают» и применительно к живому – но только при умелом применении.

Спортивная биомеханика как *учебная дисциплина* в вузах и колледжах физкультурного профиля призвана оснастить студентов как теоретическими, так и прикладными знаниями и умениями, позволяющими использовать их в педагогической практике. К сожалению, выделенные учебным планом для прохождения курса биомеханики 100 часов (50 аудиторных) позволяют лишь поверхностно знакомить студентов с основами этого предмета.

Предметная область научного направления «Спортивная биомеханика» – механические и физиологические закономерности и с их учетом анализ, планирование, синтез и конструирование спортивной двигательной активности человека. Применительно к практике спорта, спортивная биомеханика – *педагогическое средство*, применение которого позволяет получить важную информацию о выполненной, выполняемой, намеченной к выполнению системе двигательных актов. Это средство позволяет на объективизированной основе осуществлять контроль за спортивной подготовкой и ее рационализацию. Биомеханика дает возможность познать такие стороны и характеристики двигательной активности, которые без ее применения нельзя было бы подвергнуть анализу и учесть в процессе спортивной подготовки.

Методологические основы спортивной биомеханики – *диалектический материализм* и *системно-структурный подход*. Системно-структурный подход предполагает: **1) анализ** – мысленное расчленение объекта на части и их изучение, но не изолированное, а с неперемнным учетом *системности* и *конкретной структуры* объекта, т.е. функциональной и материальной взаимосвязанности его частей, роли каждой из них в целостной системе; **2) последующий ресинтез** системы, т.е. воссоединение мысленно выделенных и изученных частей снова в единое функциональное целое; **3) учет** направления, характера и особенностей вероятного *предыдущего развития* («истории») объекта и его функций и на

этой основе – дальнейшего развития объекта и его функций как систем. При этом как средство используется мысленное, математическое, логическое, компьютерное моделирование.

Системно-структурный анализ предполагает: 1) познание (или ранее полученное знание): а) состава объектов как систем составляющих их элементов и подсистем, б) структур объектов, т.е. схем внутрисистемных взаимосвязей, в) функциональных и материальных связей между объектами, г) содержания процессов становления (развития в прошлом) и дальнейшего развития (его вероятных вариантов и особенностей) рассматриваемых объектов, их функций и соотнесения объектов с их функциями и между собой; 2) наличие или предполагаемое появление так называемых системных, или новых, свойств (тех, которых не было у самих по себе элементов системы и которые появились после интеграции их в систему), в том числе таких, появление которых неочевидно (их называют эмерджентными).

Основные *методы* спортивной биомеханики: 1) *моделирование* – физическое или информационное (логическое, образное, эвристическое, математическое, компьютерное); 2) измерения (инструментальные и неинструментальные), т.е. количественное оценивание объекта; 3) оценивание качественное, т.е. содержательное, рассматривающее как количественные, так и неколичественные, смысловые характеристики объекта, сопряженное с наблюдением; 4) эксперимент; 5) интерполяция и экстраполяция.

Состав и структура спортивной биомеханики. Сегодня то, что принято называть спортивной биомеханикой, интегрирует (системно объединяет) определенные разделы механики¹, анатомии, гистологии, физиологии, педагогики, даже психологии. В спортивной биомеханике можно выделить иерархические уровни, определяемые каждый тем, какой иерархический уровень активности входит в его предметную область (рис. 1).

¹ В спортивной биомеханике как науке пока применяют только классическую механику, но пришло время обратиться и к более сложным областям механики: теориям упругости, пластических деформаций, оболочек, гидромеханике. Учитывая низкий уровень подготовленности студентов физкультурных вузов в области механики и математики, спортивная биомеханика как учебная дисциплина вынужденно ограничена элементарными основами классической механики.

4. Биомеханика решения двигательных задач (включает всё из 1–3-го уровней + формирование ситуаций, умений, СДЗ,		планирование и программирование решений СДЗ)
3. Биомеханика СДД (включает всё из 1–2-го уровней +		
2. Собственно биомеханика (системное	программирование и регуляция СДД)	
1. Механика роботоподобной модели		
механо-анатомо-физиологическое изучение тела, телодвижений, движений)		

Рис. 1. «Матрешечная» блок-схема спортивной биомеханики

3-й и 4-й уровни (см. рис. 1) – это уже, на самом деле, не биомеханика, а *спортивная кинезиология* (логично, в конечном счете, именно ее, а не биомеханику, преподавать в вузах физкультурного профиля). Создал своими работами 3-й уровень и обозначил его как «Биомеханику двигательных действий» Н.А. Бернштейн, 4-й уровень предложил и развивает автор, считая себя в этом плане продолжателем дела Н.А. Бернштейна, развивающим заложенное им направление. Блок-схема названа «матрешечной», ибо каждый более высокий уровень включает в себя все нижележащие как вложенные в него компоненты. Биофизика, биохимия, биогеология и другие отрасли биомеханики (кроме спортивной) вопросы психологии и педагогики не рассматривают. Поэтому 3-й и 4-й уровни – это (если соблюдать в определениях научную корректность) компетенция уже не биомеханики, а кинезиологии.

Исторически спортивная биомеханика начиналась с 1-го уровня и постепенно «завоевывала» более высокие. И сегодня в рамках спортивной биомеханики (захватывая кинезиологию) проводятся исследования на всех четырех уровнях, в рамках каждого можно проводить анализ спортивной двигательной активности, решая те или иные научные или практические задачи.

Спортивная биомеханика как средство совершенствования тренировочного процесса. Знание закономерностей спортивной биомеханики позволяет объективизировать анализ как техники спортивных двигательных действий, т.е. *той схемы системы телодвижений и движений, реализацией которой субъект хочет достигнуть желаемого двигательного результата* (эта система может быть замыслена самим исполнителем или предложена ему другим человеком, наглядным пособием, соответствующим текстом), так и ее реализации, т.е. превращения в систему

реальных телодвижений и движений, выполнения двигательных действий. Спортивная биомеханика рассматривает и двигательные способности человека, и его двигательные возможности, и его двигательные проявления (последние совсем необязательно осуществляются с полным использованием возможностей).

Биомеханические знания нужны для обнаружения, идентификации (опознания), оценивания и преодоления, хотя бы ослабления причин двигательных ошибок, для их предупреждения. А ведь львиная доля времени и сил в ходе технической подготовки расходуется как раз на избавление от двигательных ошибок.

Представления тренеров, сформированные в личном спортивном или тренерском опыте, а также почерпнутые из опыта коллег или из специальной литературы, далеко не всегда достаточны (нередко ошибочны, даже грубо ошибочны) для квалифицированного решения текущих вопросов, возникающих на тренировке или на соревнованиях. Эта недостаточность приводит к чрезмерной трудоемкости реализации поставленных целей.

Спортивные метрология и кинезиология. Спортивная метрология как научная и учебная дисциплины – это теоретические (методологические и методические) основы контроля в физическом воспитании и спорте. Поэтому она тесно связана со спортивной биомеханикой. В спортивной метрологии подготовленность занимающегося рассматривается как продукт процесса подготовки, поэтому анализу и оцениванию подвергаются и свойства занимающихся, и их динамика, и процесс спортивной подготовки.

Можно полагать, в перспективе спортивные биомеханика и метрология станут составными частями спортивной кинезиологии в числе основных ее компонентов наряду с рядом разделов спортивной психологии и двигательной педагогики. Это, наконец, позволит органически связать биомеханику со спортивной педагогикой (за полвека преподавания спортивной биомеханики в физкультурных вузах реально такую связь, «мостик» между биомеханикой и спортивной педагогикой создать не удалось).

Спортивная кинезиология как научная и учебная дисциплины, органично объединяющие, интегрирующие те разделы любых наук, которые так или иначе, прямо или косвенно относятся к познанию двигательной активности, включенной в спортивную деятельность человека, позволит этим дисциплинам стать эффек-

тивными средствами в широкой спортивной практике, а значит – делает и биомеханику педагогически более эффективной.

Техника спортивных двигательных действий тесно связана с тактикой, особенно с микротактикой (тактикой построения и выполнения систем телодвижений и движений в рамках отдельных двигательных действий и их связных блоков). Конечно, это «поле» уже не биомеханики, а кинезиологии, но сегодня традиционно рассматривается в рамках спортивной биомеханики.

1.2. Измерения, наблюдение, интерполяции, экстраполяции

Измерение – средство получения информации об объекте посредством определения количественного значения той или иной его характеристики как определенной физической величины и сравнения его с тем ее значением, которое принято за единицу измерения (эта процедура – определение значения параметра).

Инструментальные измерения – измерения посредством измерительных приборов, устройств, приспособлений – объективный метод получения интересующей нас информации об объекте. Хотя объективный условно: возможны ошибки субъективного характера, связанные с неучтенными условиями, в которых проводятся измерения, как и кем считываются показания приборов или устройств, с их качеством и подготовкой к процессу измерений, как запоминаются результаты и др.

При проведении исследований результаты *прямых* инструментальных измерений можно подвергать разносторонней обработке, основанной на известных зависимостях. Это позволяет получить *косвенные* результаты измерений, несущие важную для нас и совсем не очевидную информацию. Прямые и косвенные результаты измерений легко поддаются статистической обработке, позволяющей устанавливать закономерные связи между разными выявленными характеристиками объектов.

Но не всегда возможно (или достаточно легко) провести нужные инструментальные измерения. Часто достаточную точность обеспечивают неинструментальные («на глаз») измерения, тем более, если они *сравнительные*, т.е. основаны на определении разности двух значений одной и той же характеристики: при этом абсолютные погрешности измерений чаще всего в значительной

мере взаимно поглощаются. Заметим: целесообразный уровень точности определения параметра задается тем уровнем точности, с которым спортсмен может использовать полученные результаты. Причем точность, с которой опытный тренер может «на глаз» определить значение параметра, обычно вполне достаточна, так как почти всегда превышает точность, с которой спортсмен способен воспроизвести его. Достижение более высокой (часто излишней) точности требует дополнительных временных и материальных затрат, точные приборы требуют квалифицированного обслуживания и тщательного хранения. Тонкие измерения обычно мешают проведению тренировочного занятия.

Часто нужно, зная крайние значения, найти значение того, что лежит между ними на обусловленном, заданном соотношении расстояний от крайних значений. Процесс отыскания такого значения называется интерполяцией. Интерполировать можно по числам, по пространству, по времени, по двигательным актам.

Внешние и внутренние условия в спорте имеют тенденцию к быстрому изменению, не говоря уже о телодвижениях и движениях (телодвижения – изменение положения одних звеньев тела относительно других, тогда как движения – изменения положения объекта в некоторой системе отсчета пространства).

Поэтому все время нужно предвидеть ход их развития, его варианты, возникающие тенденции. Иногда удается сделать это подсознательно, интуитивно, но лишь иногда. Нужно уметь *экстраполировать* развитие реальности, включая его варианты. Это значит – распространить закон развития рассматриваемого процесса, который, по мнению субъекта, он правильно определил в некоторой области (или на некотором интервале времени), на другую область (на другой временной интервал). И на этом основании считать, что известно развитие рассматриваемого процесса в будущем или прошлом. В первом случае это позволяет предвидеть ситуацию, которая будет иметь место в интересующие нас моменты времени, предвидеть развитие событий, либо, соответственно, понять. А во втором случае – понять, что происходило до момента рассмотрения, понять причины того, что произошло.

Мы экстраполируем все время, непрерывно, иначе не могли бы предвидеть даже на доли секунды, не говоря уже о предвиде-

нии на более длительное время. И не могли бы понять, что было даже в ближайшем прошлом, каковы имеющие место каузальные (причинно-следственные) связи. То же относится к ориентации в пространстве, в управлении линейной или угловой скоростью, силой телодвижений, организации их систем.

1.3. Мысленное моделирование

Для того, чтобы эффективно осуществлять и анализировать свою двигательную активность, необходимо познать и оценить с точки зрения формирования и решения конкретной задачи существующие внешнюю и внутреннюю реальность. То же самое должен сделать тренер, но только стараясь сделать это как бы за спортсмена, ставя себя на его место, оценивая всё с его позиций, с точки зрения его возможностей и задач.

Однако как познать реальность? Она ведь бесконечно сложна, в большей части своего содержания вообще недоступна познанию ее современным человеком. Но даже в случае, если бы была осознаваема вся информация, стало бы не лучше, а гораздо хуже: справиться с таким объемом информации наша нервная система в принципе не способна. Невозможно справиться даже *со всей доступной* нам информацией о реальности. Например, глаза воспринимают примерно 25 килобайт в секунду, а преобразовать, «переварить» человек может лишь 1–2 байта, т.е. примерно в 15 000 раз меньше. Поэтому целесообразно выборочно получить только ту информацию о реальности, которая нужна для формирования «правильной» двигательной задачи (т.е. задачи, согласующейся с требованиями, которые мы предъявляем к преобразованию реальной действительности в соответствии с целью и с учетом наших возможностей). Поэтому целесообразно отобразить в своих представлениях только то из реальности, что, по нашему мнению, может понадобиться для наилучшего формирования и решения этой задачи. Остальную информацию нужно «отсеять», не отображать, чтобы не мешала.

Иными словами, нужно создать такую мысленную схему реальности, которая ориентирована на хорошо соответствующее (адекватное) данной реальности формирование и решение двигательной задачи, т.е. на формирование *мысленной модели этой реальности и ее динамики*. В этой модели должно быть отражено, по

возможности, всё то, что может понадобиться для формирования и решения задачи, и в то же время не должно быть ничего лишнего, так как оно только отвлекает внимание, перегружает информационные каналы организма и тем самым влечет за собой появление ошибок и сбоев в работе. Фактически именно такую модель и называют *ситуацией*, хотя почему-то принято считать, что ситуация – это некая часть реальности². Поэтому ситуацией следует называть ориентированную на формирование и решение конкретной задачи мысленную модель реальности, а значит целевое представление о ней.

Можно говорить о разных видах ситуаций: **1)** о *формирующей* ситуации как модели той реальности, в которой и с учетом развития которой формируется задача; **2)** об *исходной* ситуации решения задачи – модели той реальности, которая, предположительно, будет иметь место к моменту начала решения задачи; **3)** о *конечной* ситуации решения задачи – той, которая должна отображать желаемую в результате решения задачи, *целевую* реальность, она проект, а не отображение того, что уже есть; **4)** об *итоговой* ситуации – той, которая сложилась по завершении решения. В ходе решения задачи реальность, которая имела место в момент начала решения задачи, нужно преобразовать в реальность, желаемую на момент окончания решения и заданную сконструированной субъектом конечной ситуацией. Человек – субъект задачи и ее решения воспринимает как преобразование исходной ситуации в конечную. Наблюдатели тоже воспринимают изменение реальности как изменение ситуации, но только сформированной ими.

Намеченный общий характер этого преобразования и (или) конечная ситуация решения задачи – это ее цель как представление о том, чего и как мы хотим добиться решением задачи. Классифицировать ситуации можно и по охватываемому ими отрезку времени на: **1)** *мгновенную* (модель как бы временного среза реальности), **2)** *оперативную* (сиюминутную, на очень малый промежуток времени, в течение которого можно применительно к нашим целям считать реальность неизменной), **3)** *текущую*

² Реальность целостна, ее невозможно физически разъять на части, выдлить из нее какую-то нужную нам часть. Но это можно сделать мысленно – сформировав по возможности лучше соответствующую нашим намерениям мысленную модель этой реальности.

(охватывающую значительный отрезок времени, в течение которого некоторые важные для нас характеристики реальности рассматриваются нами как меняющиеся несущественно). Эти виды ситуаций могут «сосуществовать» одновременно, как бы «переплетаясь», причем более длительные включают менее длительные.

1.4. Количественный и качественный анализ СДА

Анализ СДА (спортивной двигательной активности) может опираться на материал измерений (инструментальных и неинструментальных), т.е. на количественные значения характеристик. Это позволяет использовать объективные данные, и потому более корректно применять известные нам закономерности биомеханики, уточнять детали, обнаружить то, что иначе трудно заметить. Количественный анализ ничем нельзя заменить в углубленных и требующих точности информации исследованиях.

Он безусловно полезен и в практике физического воспитания и спортивной подготовки. Но это не единственный способ обеспечить анализ необходимыми данными. Право на жизнь имеют и качественные формы анализа, опирающиеся не на количественные показатели, а на содержательную, сущностную сторону характеристик объекта. В практике спортивной педагогики качественные формы анализа преобладают, чаще доминируют, потому что они педагогически содержательны и не требуют измерений. Из количественных преобладают неинструментальные: инструментальные измерения, кроме самых простых, как правило, мешают нормальному течению тренировочного занятия, а неинструментальные практически лишены этого недостатка (они обычно тесно смыкаются с качественными оценками).

Чисто количественный анализ, без осмысления и завершения его качественным анализом и качественной оценкой, лишен педагогического содержания и смысла. Вместе с тем, нужно иметь в виду, что в процессе проведения качественного анализа значительно бóльшую роль играет элемент субъективного (он, увы, присутствует и в количественном анализе и даже в самих инструментальных измерениях, но в качественном анализе его роль гораздо больше). Критерии, применяемые при качественном анализе, обычно менее определенные, могут меняться с изменени-

ем ситуации или соответствующих представлений его субъекта. Проведение качественного анализа требует хорошего понимания объекта, логики мышления, наличия достаточно развитого воображения, образного мышления, умения сопоставлять.

1.5. Активность и деятельность

Все что мы делаем, используя духовные и физические силы организма – это наша активность. В нашем случае целесообразно, исключив из рассмотрения трофическую (метаболическую) активность организма, условно разделить всю активность на два вида: двигательную и недвигательную. К двигательной активности относится также и активное сохранение двигательной пассивности. Недвигательная активность может быть афферентной (формирование восприятий и образов), логической (интеллектуальной), мнемической (запоминание и вспоминание), интуитивной, эмоциональной. Можно делить и по-иному, но это в данном случае не востребовано.

Следует иметь в виду, что активность, отнесенная к каждому из названных видов, причислена к нему по своей *целевой* части, при этом необходимо включая в себя элементы и других видов активности – но только в качестве *служебных*, обслуживающих выполнение целевой части.

Каждый фрагмент (акт) активности имеет свое значение, его содержание можно описать словами, нарисовать, описать результат. Но смысл как личностное значение (часто говорят: личный смысл) приобретает лишь в случае, если фрагмент активности входит в *деятельность* ее субъекта, в решение конкретных задач, или же приобретает смысл для другого субъекта, так или иначе заинтересованного в решении этих задач.

Активность – многообразное проявление жизнедеятельности. Активность бывает: 1) сознательной, подсознательной, бессознательной; 2) двигательной, сенсорной (афферентной), интеллектуальной, мнемической (запоминание и вспоминание), эйдетической (формирование и использование образов), эмоциональной (управление своей эмоциональной сферой), метаболической; 3) целевой или служебной («обслуживающей» целевую активность). Понятие «спортивная двигательная активность» включает в себя, помимо «чисто» двигательной, и все другие виды

активности. Но *целевой* – той, которой должна быть реализована двигательно, непосредственно обеспечивающей реализацию биомеханической цели решаемой СДЗ – является именно «чисто» *двигательная* активность. Двигательная активность входит в состав решения и других видов задач (сенсорных, интеллектуальных, мнемических, эйдетических), но там она *служебная и подчинена целевой*.

Понятие «*активность*» отличается от понятия «*деятельность*», хотя традиционно любую активность нередко называют деятельностью. Активность может осуществляться в пределах одной деятельности, однако может одновременно «обслуживать» две-три разные деятельности (например, учебную и трудовую).

«Ткань» деятельности, ее «инструментарий» составляет активность, т.е. деятельность состоит из фрагментов активности, направляемых *длительным трансситуативным* («чрезситуативным», надситуативным, не зависящим от конкретных ситуаций, как бы проходящим через разные ситуации) побуждением к ее отправлению. Это побуждение формируется на основе присущих субъекту убеждений, долговременных трансситуативных потребностей или квазипотребностей (социально трансформированных потребностей), представления о своих возможностях. А входящие в состав деятельности фрагменты активности необходимо соответствуют ситуациям, иначе ведь их не осуществить.

Обязательно существует и цель (цели) деятельности как таковой (то, к чему стремится человек своей деятельностью). Кроме того, конкретные фрагменты деятельности *обязательно* должны соответствовать ситуациям, в которых они осуществляются, ситуативным целям и ситуативным возможностям субъекта деятельности. Но в то же время эти фрагменты деятельности направляются общей мотивацией деятельности, которая их включает, они должны осуществляться в ее русле.

Таким образом – и это принципиально – свой смысл и целенаправленность активность приобретает *лишь в том случае*, если она осуществляется в рамках деятельности. Деятельности бывают разные: семейная, самоохранительная, учебная, трудовая, спортивная, рекреативная, связанная в том числе с хобби, которым может быть и занятие физическими упражнениями, спортивными играми, единоборствами для своего удовольствия, а не для достижения наилучших результатов на соревнованиях (это было бы

спортивной деятельностью) и не для здоровья (это входило бы в самоохранительную деятельность). Все деятельности объединяются в *жизнедеятельность*, связываются ею воедино, влияют друг на друга, взаимодействуют.

Одинаковая активность может входить в разные деятельности (а одна и та же активность даже одновременно), и тем служить разным целям. В то же время каждая деятельность включает в себя самые разные виды (модальности) и формы активности.

Вопрос о понятиях «активность» и «деятельность» не простой, очень принципиальный, даже уже потому, что с этим связан важнейший вопрос о двигательных навыках и умениях. Все названные четыре понятия будут рассмотрены (вынужденно очень кратко) и в других лекциях.

❓ **Вопросы для самоконтроля**

1. Чем должна заниматься спортивная биомеханика?
2. В чем сущность системного (системно-структурного) подхода в познании объектов?
3. В чем суть, роль, значение мысленного моделирования?
4. Каковы состав и структура биомеханики?
5. Что дает тренеру знание биомеханики?
6. В чем суть измерений (инструментальных, неинструментальных)?
7. Что такое интерполяция и экстраполяция, какова их роль?
8. В чем сущности количественного и качественного анализа, какова их роль в спорте?
9. В чем суть, различие, взаимосвязь активности и деятельности?

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА

План лекции

1. *Структура опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека.*
2. *Механические характеристики тела человека.*
3. *Скелетные мышцы, их макро-, мезо- и микроструктура, напряжение.*
4. *Механизм напряжения скелетных мышц.*
5. *Закономерности напряжения мышц.*
6. *Развитие биомеханической системы.*
7. *Деформации тела человека при двигательной активности.*

2.1. Структура опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека

Опорно-двигательный аппарат (ОДА) человека составляют твердый и мягкий скелеты и скелетные мышцы. Твердый скелет – более 200 костей и суставы, мягкий скелет – фасции, апоневрозы, связки. Скелетные мышцы (их более 600) крепятся к костям сухожилиями, к некоторым фасциям и апоневрозам. Места прикрепления мышц бывают малыми по размерам, их называют *точками прикрепления*, но бывают и большими по площади, протяженности, разными по форме. В месте прикрепления сухожилий на костях имеются более или менее значительные бугристости, где ткани кости и сухожилия переплетаются, взаимопроникают. Роль бугристостей еще и в том, что благодаря им сухожилия дальше отстоят от центров суставов, что увеличивает момент силы тяги соответствующих мышц.

Функция скелетных мышц состоит в том, чтобы своим напряжением создать силы тяги, приложенные к противоположным местам ее прикрепления и тянущие эти места (а значит – соответствующие участки костей) друг навстречу другу, т.е. «стараяю-

щиеся» сблизить эти участки костей. Если внешнее (относительно звена тела) сопротивление этому сближению недостаточно для того, чтобы его предотвратить, мышца укорачивается (концентрический, преодолевающий режим работы) и места прикрепления мышцы сблизжаются. Если сопротивление достаточно – мышца сохраняет свою длину (изометрический, удерживающий режим работы), и расположение костей, к которым прикреплена мышца, не изменяется. Если же действие внешних сил преодолевает действие силы тяги напряженной мышцы, она удлиняется, растягивается (эксцентрический, уступающий режим работы), места прикрепления мышцы к костям отдаляются друг от друга.

В подавляющем большинстве случаев кости поворачиваются друг относительно друга вокруг оси сустава, поэтому воздействие силы тяги мышцы и внешнего сопротивления определяется моментами соответствующих сил относительно центра (центральной оси) сустава. Каждый из этих моментов сил количественно равен произведению величины (модуля) рассматриваемой силы и ее плеча относительно оси сустава. Плечо силы – расстояние от оси сустава до линии действия силы, т.е. до прямой, по которой она направлена. Следует иметь в виду, что расстояние сухожилия от оси сустава меняется с изменением суставного угла.

Кости скелета соединены суставами, в основном поворотными (хотя есть и очень небольшое количество плоских). Поэтому в спортивной биомеханике тело человека обычно моделируют шарнирно-стержневой (рис. 1) либо шарнирно-рычажной (с учетом работы мышц – рис. 2) системами.

Поворотные суставы бывают одно-, двух- и трехосные, соответственно обеспечивают 1, 2 и 3 степени свободы движений со-

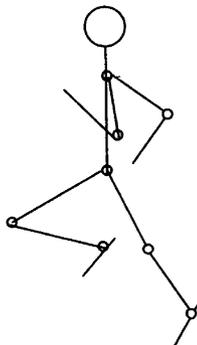
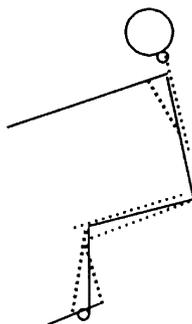


Рис. 1. Шарнирно-стержневая модель тела человека.

Каждому из звеньев тела («стержню») присвоены соответствующие массы и моменты инерции

Рис. 2. Шарнирно-рычажная модель тела человека.

Пунктирными линиями показаны мышцы. Если рассматривается работа мышц при выполнении телодвижений и движений, говорят не о стержнях, а о рычагах, так как к стержням приложены силы (внешние и внутренние), образующие моменты этих сил относительно осей суставов



члененных звеньев тела. Количество степеней свободы движений – это количество независимых направлений движений, а значит и независимых координат: наименьшее количество чисел, позволяющее в принятой системе координат определить положение нужной точки или тела. В плоских суставах 2 степени свободы движений, в блоковидных и цилиндрических 1, в седловидных 2, в шаровидных 3. Суставы укреплены связками и суставными сумками, а также проходящими через них мышцами. Имеются и костные ограничители движений в суставах.

Связки и суставные сумки содержат эластичные волокна белка эластина и жесткие, прочные, малорастяжимые, упругие волокна белка коллагена. Чем больше процент эластина, тем эластичнее связки и суставная сумка, прочность сустава при этом меньше. Ограничители движений в суставах: суставные хрящевые поверхности (ограничение тем больше, чем более конгруэнтны суставные поверхности сочленяющихся костей), своего рода хрящевые закраины суставных поверхностей (суставные губы), суставные сумки, связки, мышцы, костные выступы-ограничители. Суставные поверхности выстланы очень гладким гиалиновым хрящом, внутри суставная сумка заполнена вязкой синовиальной жидкостью – это сводит трение в суставе почти к нулю.

2.2. Механические характеристики тела человека

Грубо приближенно считают: *массы* (меры инерционности в поступательном движении) тела человека распределены так: голова – 7% от всей массы тела, туловище с шейей – 43%, кисть руки – 1%, предплечье – 2%, плечо – 3% (вся рука – 6%), стопа – 2%, голень – 5%, бедро – 12% (вся нога – 19%). *Центры их масс*

(примерно): головы – в ее центре, других звеньев – на расстоянии 41–44% общей длины звена от его проксимального конца.

Момент инерции I (меру инерционности во вращательном движении) звена тела или всего выпрямленного тела можно грубо приравнять к моментам инерции тонкого однородного сплошного стержня. Относительно оси, проходящей перпендикулярно длинной оси звена (стержня) через его центр масс $I = ml^2 : 12$, относительно же оси, параллельной упомянутой, но проходящей через конец звена (стержня), в 4 раза больше – $I = ml^2 : 3$. Здесь m – масса звена (стержня), l – его длина. Ошибка в таком моделировании до 20%, но при сравнительном анализе ошибка много меньше. На моменты инерции тела и его звеньев влияют не столько их массы, сколько размеры и расстояния их центров масс (ц.м.) от оси вращения.

Если развести руки в стороны, у большей части людей расстояние между концами средних пальцев рук приблизительно равно росту. Размеры тела даже взрослых людей могут различаться более чем в 1,5 раза. По массе различия могут быть 4–6-кратными, различие в 2,5–3 раза встречается нередко.

Связки и сухожилия при их растяжении развивают силы упругости, которые потом могут выполнять некоторую работу, обычно небольшую. Но в стопе эта возвращаемая энергия упругой деформации существенна. Кости и хрящи также упруги и обладают амортизирующими свойствами, проявления которых, однако, значительно меньше. Этот возврат называют *внутренней рекуперацией* энергии. *Внешняя* рекуперация энергии имеет место при использовании энергии упругой деформации внешних тел (упругих снарядов, оборудования, дорожки).

При быстром активном торможении движения тела развивается очень высокое напряжение растягиваемых мышц (уступающая работа), чем значительно повышается эффективность начальной части их последующей преодолевающей работы. Это проявляется при замахе в так называемых *баллистических* действиях: ударах, метаниях. Выполняемые при этом телодвижения тоже называют баллистическими. Таков же эффект энергичной остановки предварительного «подседания» и «стопорящей» постановки ноги перед собственно отталкиванием в прыжках. Но это в основном проявляется *эксцесс силы*, а не силы упругости.

Упругость и эластичность тканей тела способствует смягчению (амортизации) силовых взаимодействий с другими телами,

в том числе с опорой. Уступающая деформация увеличивает время взаимодействия (t), позволяя развить нужный тормозящий импульс силы L при уменьшенной силе взаимодействия F , потому что $L = F \times t$, а значит увеличение времени торможения позволяет уменьшить его силу. Можно рассуждать и по-иному: увеличение пути S взаимодействия с опорой позволяет нужную работу A выполнить с меньшей силой, так как $A = F \times S$.

Эластичность – свойство тела больше или меньше деформироваться без разрушения и возвращаться к своим исходным размерам и форме после снятия деформирующего воздействия. Эластичность тела измеряется величиной максимальной неразрушающей *относительной* деформации, т.е. отношением величины этой деформации к соответствующим размерам тела. Упругость – свойство неразрушающе деформированного тела возвращаться к своим размерам и форме после снятия деформирующего воздействия, при этом возвращая часть энергии деформации, т.е. энергии, затраченной на достижение этой деформации. Измеряется упругость тела относительной величиной «возвращенной» энергии, т.е. $E_{\text{возвр.}} : E_{\text{деф.}}$, где $E_{\text{возвр.}}$ – «возвращенная» телом энергия, $E_{\text{деф.}}$ – энергия, затраченная на деформацию тела.

Путать эластичность с упругостью не следует. Например, плохо накачанный мяч легко и значительно деформируется при сжатии и возвращает свою форму после прекращения давления на него, но отдает только небольшую часть энергии, затраченной на деформацию (его отскок после падения на твердую поверхность с некоторой высоты мал). А «перекачанный» мяч деформируется с трудом и незначительно, зато его отскок намного выше. Резина более эластична, чем сталь, но гораздо менее упруга.

2.3. Скелетные мышцы, их макро-, мезо- и микроструктуры. Напряжение мышц

Скелетные мышцы переходят через суставы, управляя суставными движениями. Нужно различать макро-, мезо- и микроструктуры скелетных мышц.

Макроструктура мышц. Мышца может иметь 1–4 брюшка (отдельные мышечные тела; их часто не совсем корректно называют головками мышцы). Причем в одних мышцах человек может управлять напряжением каждой из этих частей отдельно (например, длинной головкой четырехглавой мышцы бедра), в других

может напрячь их только совместно (двуглавая мышца плеча). В некоторых мышцах нет отдельных головок, но есть отдельно напрягаемые пучки волокон (верхние и нижние пучки большой грудной мышцы, передние, средние и задние пучки дельтовидной мышцы).

Мышцы прикрепляются одним концом (концами, если мышечных тел в составе мышцы несколько) к одной или к нескольким костям. Сухожилия бывают совсем короткими (прикрепление широчайшей мышцы спины к плечевой кости) либо длинными (сухожилия икроножных мышц, мышц-сгибателей пальцев). Одни мышцы короткие, другие длинные. Одни имеют вид плоской фигуры, другие – ленты, третьи – веретена.

Мезоструктура мышц. Волокна в мышце относительно ее длинной оси могут быть расположены: **1)** аксиально, т.е. параллельно ей – рис. 3, а; **2)** под углом к ней – перистое строение (рис. 3, б); **3)** двуперистое строение: волокна расположены под углом к оси мышцы с двух сторон от сухожилия, расположенного внутри мышцы по ее оси, а часть волокон под все меньшим углом, так что у конца мышцы они расположены уже аксиально (рис. 3, в): «природа так распорядилась», поскольку это целесообразно для эффективного выполнения обычных и жизненно важных движений.

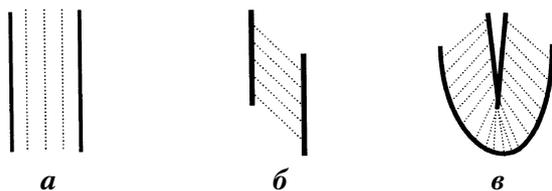


Рис. 3. Волокна показаны пунктирными линиями:

а – аксиальное расположение волокон, сплошные линии – оболочка мышцы; **б** – перистое строение, сплошные линии – места прикрепления мышцы (сухожилия); **в** – двуперистое строение, обозначения те же, что в рис. 3, б

Когда мышца даже предельно напрягается, активизируются далеко не все ее волокна. Они распределены по количественно бóльшим и меньшим группам, которые называют *мионами*. Все волокна, входящие в один мион, иннервируются концевыми веточками одного мотонейрона. Мион вместе со своим мотонейроном называется *двигательной единицей* (ДЕ). Все волокна этой совокупности напрягаются (контрактируют) и расслабляются (релак-

сируют) одновременно, так что весь мион работает как одно целое (потому и говорят об «единице»). Количественное соотношение больших и малых двигательных единиц (ДЕ) в мышце может быть разным. Большие состоят из быстрых волокон (с анаэробной энергопродукцией, и потому сильных, быстрых, но и быстро утомляющихся), малые из медленных (с аэробной энергопродукцией, и потому слабых, медленных, но выносливых).

Быстрые волокна требуют для их возбуждения примерно вдвое большей частоты их импульсации, чем медленные. Напрягаются быстрые волокна (большие ДЕ) только для энергичной работы, работу мощностью до 40% от максимальной выполняют почти исключительно медленные (тогда говорят об аэробной нагрузке). Напряжение мышц регулируется частотой их импульсации.

Примерно каждые 0,2 с напряженные ДЕ расслабляются, взамен них напрягаются другие, суммарная сила тяги мышцы при этом почти не меняется.

Микроструктура мышц. Волокно скелетной мышцы – специализированная многоядерная клетка (в длинном волокне могут содержаться до 100–200 ядер). В саркоплазме, заполняющей волокно, помимо ядер, находятся митохондрии, в которых протекают процессы, обеспечивающие продуцирование энергии, и рибосомы, в которых происходит формирование белков, сетевидное образование (мышечный ретикулум) – соединительнотканые трубочки, расположенные вдоль и поперек волокна. Роль мышечного ретикулума многообразна: и проведение волны деполаризации, и необходимое перемещение органелл, и накопление ионов кальция (в кальциевых цистернах: мешковидных расширениях на концах трубочек) и др. Но главное – от одного конца волокна до другого «протянуты» миофибриллы («сократительные нити»), в которых и развивается напряжение мышцы. В одном волокне могут быть десятки тысяч миофибрилл, расположенных параллельно. Все они объединены пересекающими их соединительноткаными перегородками (мембранами), расположенными перпендикулярно оси волокна. Такая структура определяет одинаковость работы миофибрилл одного волокна: все миофибриллы этого волокна одинаково укорачиваются, удлиняются или сохраняют свою длину. В каждой миофибрилле каждая ее часть, ограниченная соседними перегородками, называется *саркомером*. Все саркомеры одинаковы.

В длинной миофибрилле несколько тысяч (зависит от длины волокна) саркомеров, соединенных последовательно «в цепочку».

На рис. 4 показан фрагмент миофибриллы (ее оболочка – жирные вертикальные линии) (n+1)-й саркомер ограничен мембранами, к которым своей серединой прикреплены «тонкие нити» – двойные спирали соединенных «в цепочку» сферических молекул белка актина (они показаны тонкими вертикальными линиями). Саркомер посередине пересечен еще одной мембраной, к которой в обе стороны прикреплены «толстые нити» – упрятанные в жесткую трубочку-футляр двойные спирали из длинных «хвостов» молекул белка миозина, «шейки» и «головки» которых находятся снаружи трубочки-футляра и окружают ее тоже спиралью по 6 головок на каждый виток (3 пары молекул).

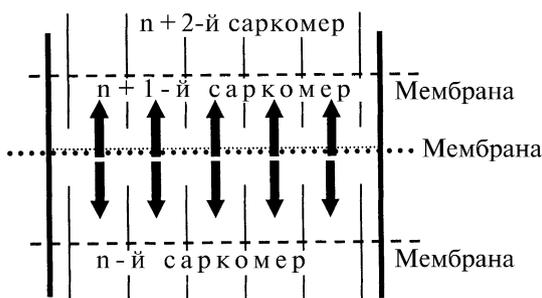


Рис. 4. Структура саркомера

В работе мышц следует различать роли сократительного и упругих компонентов последовательного (ПосК, или ПоУК) и параллельного (ПарК, или ПаУК). Это отражено в так называемых механических моделях мышц. Две из них представлены на рис. 5.

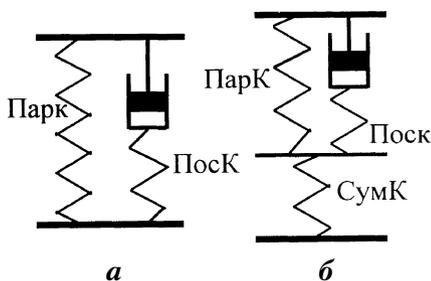


Рис. 5. Механические модели мышц.

Поршнем в разрезе показан сократительный компонент, «пружинами» (ломаными линиями) – упругие компоненты. Модель а – более простой вариант, модель б – более сложный. СумК – суммарный упругий компонент. Он может интересовать нас для определения величины общей энергии упругой деформации напряженной мышцы

2.4. Механизм напряжения скелетных мышц

Когда к волокну приходит нервный импульс, оно деполяризуется («обнуляется» ее электрический потенциал), в результате чего из кальциевых цистерн выходят ионы кальция и диффундируют в миофибриллы. Это изменяет электростатическое поле, освобождая от загромождающих нитей тропомиозина активные центры молекул актина, составляющих тонкие нити. Сразу (в присутствии АТФ) с активными центрами актина соединяются головки миозиновых молекул, образуя актомиозиновые мостики (сохраняющиеся $\approx 0,02$ с). Это вновь изменяет электростатическое поле, что меняет конфигурацию молекул миозина, и они тянут тонкие нити к середине саркомера, тем самым «стремясь» укоротить его.

Каждый саркомер либо укорачивается, либо, если препятствует внешняя сила, актомиозиновые мостики развивают силы упругости, вызывая напряжение мышцы. Все саркомеры каждой миофибриллы всех волокон всех возбужденных мионов ведут себя одинаково, поэтому вся мышца напрягается и либо укорачивается, либо под воздействием внешней силы сохраняет свою длину или даже удлиняется («уступает»). Максимально достижимое (предельное) напряжение мышцы при уступающей работе тем больше, чем больше скорость соответствующего суставного движения, предельное изометрическое напряжение меньше уступающего даже при очень медленном телодвижении, а в преодолевающем режиме работы (напряженная мышца укорачивается) предельная сила тем меньше, чем больше скорость суставного движения.

Если импульсы перестают поступать к мышечному волокну, кальций загоняется обратно в цистерны, в его отсутствии активные центры актина вновь заслоняются молекулами тропомиозина, так что актомиозиновые мостики не могут образоваться – мышца расслабляется. Если импульсы поступают с достаточной частотой, напряжение поддерживается непрерывно.

2.5. Закономерности напряжения мышц

Следует различать тоническое, фоновое и фазное напряжения скелетных мышц. Тоническое непроизвольно, оно определяется состоянием ЦНС. Фоновое напряжение создается осознанно или подсознательно в предвидении предстоящей мышечной работы

как подготовительное к ней. Фазное напряжение – то, посредством которого выполняются намеченные движения.

Напряжение и расслабление мышцы не происходят мгновенно, этим процессам свойственна инерционность. Развитие напряжения от тонического до субпредельного требует $0,1 \div 0,3$ с, расслабление от предельного или субпредельного до тонического – $0,2 \div 0,4$ с. Таким образом, реальные движения отстают от соответствующих усилий (усилия – психическая категория, психическая причина рабочей импульсации мышц, но никак не сама развиваемая сила, как часто подразумевают, употребляя это слово). Поэтому внутреннее действие опережает внешнее, что нужно учитывать при освоении техники многих спортивных упражнений.

Одни ДЕ сменяются другими, конечно, не равными по силе. Поэтому суммарная сила тяги рекрутированных ДЕ все время слегка меняется, это главная причина тремора (дрожь) в суставах. Он проявляется сильнее при субпредельном, особенно при предельном напряжении мышц, тем более в утомленном состоянии.

Дозирование напряжения мышц осуществляется путем управления частотой их импульсации, что определяет активацию разных ДЕ. Так, гладкий тетанус (при котором их напряжение предельно) медленных волокон достигается при частоте их импульсации ≈ 25 Гц, а быстрых волокон – ≈ 50 Гц, одиночные сокращения, соответственно, при ≈ 10 и ≈ 25 Гц.

Мышечные синергии – это «сотрудничество» мышц. Нужно различать синергии мышц, управляющих взаимным движением сочленяющихся в одном суставе звеньев тела, т.е. отдельным телодвижением, суставным движением (назовем это «суставной синергией»), и синергии мышечных групп, управляющих системой одновременных телодвижений в разных суставах (межсуставная синергия»). Синергия подразумевает координированное сочетание степени напряжения рассматриваемых мышц во времени.

Предельное (максимально возможное в данных условиях) напряжение мышцы зависит от ряда факторов. Главные из них:

1. Степень утомления.
2. Эмоциональное состояние: страх, гнев повышают верхнюю границу доступного напряжения мышц.
3. Психологическая установка на предельное напряжение: оно тем выше, чем больше концентрация на этой установке.

4. Степень адекватности целевого фонового функционала тела.

5. Длина мышцы (предельное напряжение тем больше, чем больше длина мышцы в данный момент – разница достигает нескольких процентов).

6. Фаза дыхания: на выдохе предельная сила больше, чем на вдохе и в паузе, еще больше – при натуживании (усилии выдоха при закрытой голосовой щели) или крике (усилие выдоха при приоткрытой голосовой щели).

7. Сопутствующее системное напряжение других мышц.

8. Существование зависимости «сила – скорость». Ее суть: чем меньше скорость укорочения напряженной мышцы, тем больше предельное напряжение (скорость удлинения считаем отрицательной: она тем *меньше*, чем *больше* ее абсолютное значение). Формула зависимости (характеристическое уравнение А.В. Хилла):

$$(F_{\text{пр}} + a)(V_{\text{ум}} + b) = (F_0 + a) \times b = \text{const},$$

где $F_{\text{пр}}$ – предельная сила, $V_{\text{ум}}$ – скорость укорочения мышцы³, F_0 – предельная сила при $V_{\text{ум}} = 0$, a и b – эмпирически установленные константы. Графическое отображение показано на рис. 5.

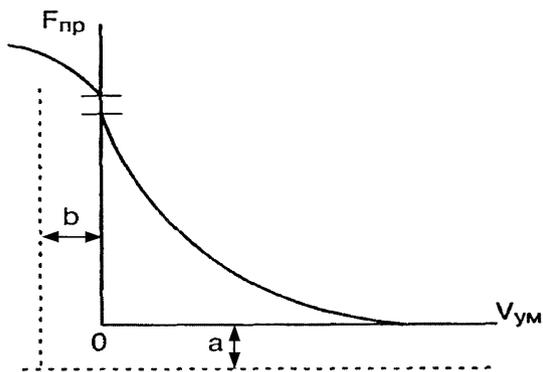


Рис. 6. Графическое отображение зависимости «сила – скорость»

³ Ей при малом размахе телодвижения соответствует скорость суставного движения; при большом его размахе соответствие нарушается, так как при разных суставных углах величина плеча силы тяги мышцы различна.

Если непосредственно после уступающей работы с предельным напряжением сразу перейти к преодолевающей, предельное напряжение оказывается значительно выше, чем без предварительной уступающей работы. Это эксцесс силы, его эффект в течение 1,5–2 с постепенно сходит на нет. Утомление мышцы уменьшает ее предельное напряжение в преодолевающем и изометрическом режимах, но почти не сказывается в уступающем.

Биомеханическая система человека развивается: с возрастом, по ходу развлечений с активными движениями, профессиональной деятельности, специальной физической подготовки. После определенного возраста начинается ее инволюция.

2.6. Развитие биомеханической системы

Биомеханический аппарат мальчиков и девочек до возраста 9–10 лет в равных условиях развивается приблизительно одинаково. Затем, с началом полового созревания девочек, а через 2–3 года и мальчиков, начинается существенное дифференцирование их развития. Андрогенные и эстрогенные гормоны (они образуются и у мужчин, и у женщин, но андрогенов много больше у мужчин, эстрогенов много больше у женщин) по-разному стимулируют развитие тканей и органов, в том числе мышечной и жировой ткани. В частности, андрогены стимулируют развитие мышечной ткани, эстрогены – развитие и распределение жировой ткани. Акселерация способствует быстрому развитию организма мальчиков по мужскому типу, девочек – по женскому. Поэтому акселерация повышает физические, а значит и спортивные возможности мальчиков и снижает у девочек, а ретардация (замедленность развития), наоборот, у девочек повышает их спортивные двигательные возможности, а у мальчиков – снижает.

Возрастное развитие, быстрое во время полового созревания, после его завершения замедляется. После достижения возраста 30–35 лет у большинства людей, не занятых физическим трудом или физической культурой и спортом, начинается заметная инволюция организма, во многом связанная с постепенным уменьшением производства половых гормонов. Занятия физическими упражнениями или интенсивным физическим трудом отодвигают инволюцию. Разумные занятия спортом оказывают такое же воздействие.

Тренировкой, в зависимости от ее направленности, развивают преимущественно силовые, скоростные возможности человека, его аэробную или анаэробную выносливость, гибкость, координированность, тренировка влияет и на состав тела. Акцент и интенсивность тренировки подбирают с учетом желаемого темпа развития этих возможностей и соответствующих свойств организма.

2.7. Деформации тела человека при двигательной активности

Тело человека деформируется пассивно или активно, как путем изменения взаимного расположения его звеньев, так и деформацией тканей. Причина пассивных деформаций – внешние силы, активных – внутренние. Пассивные деформации выражаются либо в деформации тканей, либо в изменениях позы – в вынуждаемом изменении взаимного расположения звеньев тела в суставах. Активные деформации выражаются в изменениях позы телодвижениями, вызываемыми напряжением соответствующих мышц. Чисто активные деформации происходят в безопорном состоянии, без контакта с другими телами. В других случаях обычно возникают деформации, смешанные по виду и по форме: активно-пассивные деформации тканей тела и деформации позы под совместным действием активных внутренних и реактивных внешних сил. Возникающие инерционные силы (силы реакции) по своей природе пассивные. Но бывают и активные внешние силы: например, вы стоите, а на вас натолкнулся другой человек.

Активными деформациями тела, телодвижениями, изменяющими конфигурацию тела, т.е. активными изменениями его формы, человек управляет – только при наличии опоры или хотя бы контакта с другими телами – поступательными и вращательными движениями тела. И только вращательными движениями можно управлять, даже если опоры и контакта нет.

Механизм таков: изменение конфигурации тела человека влечет за собой воздействие на контактирующие с ними тела (опору), и те отвечают противоположно направленной силой инерции (силой реакции, реакцией), которая является внешней относительно тела человека, а значит той силой, которая изменяет его поступательное или вращательное движение, в последнем случае благодаря тому, что линии действия возникающих сил реакции проходят

на каком-то расстоянии от центра масс тела человека, и потому создаются вращающие моменты этих сил).

Управлять вращательным движением тела можно на основе закона сохранения кинетического момента (момента количества движения) как при наличии, так и при отсутствии контакта с другими телами (опорой): изменяя конфигурацию своего тела.

То есть именно активными деформациями тела – изменениями взаимного расположения сопряженных суставами звеньев тела, суставными движениями, *телодвижениями* – человек управляет *движениями* своего тела: направлением, скоростью, ускорением его поступательного или вращательного перемещения в пространстве (в той или иной системе координат), ориентацией своего тела в пространстве и ее изменениями.

Активные изменения конфигурации тела вызывают сопротивление со стороны других контактирующих с ним тел, в частности – появление силы реакции опоры, внешней относительно активного тела, и потому изменяющей его движение. Следовательно, изменения движения тела есть, в конечном счете, результат телодвижений. Исходя из сказанного, недопустимо путать телодвижения с движениями – это разные биомеханические категории.

🔍 **Вопросы для самоконтроля**

1. Каков «общий план» строения тела человека?
2. Что такое число (количество) степеней свободы движений?
3. Каковы механические характеристики тела человека?
4. Каковы строение и работа скелетных мышц, как их моделируют?
5. Что такое упругость и эластичность тканей тела?
6. Что такое макро-, мезо- и микроструктура мышц? Каковы они?
7. Как осуществляется напряжение скелетных мышц?
8. В чем заключаются закономерности произвольного предельного напряжения мышц?
9. В чем сущность зависимости «сила – скорость»?
10. Как развивается биомеханическая система человека?
11. Что имеется в виду под деформациями (тканей и системы звеньев) тела человека?

МОТОРИКА И МОТОРНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

План лекции

1. Спортивные моторика и моторность, двигательные задатки, способности, возможности, проявления.
2. Анализ концепции физических качеств.
3. Концепция двигательных свойств (ДС).
4. Физическая подготовленность и двигательные качества.
5. Телосложение и моторика. Предельная моторика.
6. Развитие моторности.
7. Рекуперация энергии.
8. Надежность СДД и решения СДЗ.

3.1. Спортивные моторика и моторность. Двигательные задатки, способности, возможности, проявления

Почему-то закрепилось понимание термина «моторика» как совокупности и двигательных (моторных) проявлений, и двигательных возможностей, и двигательных способностей (как свойств организма) человека. Обычно при этом имеют в виду некое схематическое представление об этих свойствах, полученное наблюдением их проявлений. В русском языке способности (представление о них) обозначают словами с окончанием «сть», потому и представление о двигательных способностях правильное обозначать термином «*моторность*».

Термином же «*моторика*» логично называть представление об уже осуществленной или предполагаемой двигательной активности. Например: а) спортивная моторика штангиста за конкретный тренировочный день – суммарный вес, поднятый различными способами, – 15 тонн; б) предполагаемая на завтра спортивная моторика легкоатлета – пробегание 20 км; в) трудовая моторика – прошел за рассматриваемый 8-часовой рабочий день плюс дорога на работу и с работы – 3 км, а также подъем по лестнице в общей

сложности на 40 этажей и спуск с них с переноской предметов общим весом 0,5 тонны на среднее расстояние 50 м.

Спортивная моторность – представление о моторных *свойствах, способностях* человека применительно к выполнению предполагаемых спортивных упражнений, а спортивная моторика – представление об осуществленной или намеченной к осуществлению спортивной двигательной *активности*, о двигательных *проявлениях, возможных в рамках двигательных возможностей*.

Параметрические характеристики спортивной моторики – это определяющие или описывающие ее количественные характеристики: скорость тела и некоторой его контрольной точки, путь и перемещение тела или полета снаряда, дистанция, длина шагов и их частота, частота ударов, вес поднятой штанги, темп и ритм движений и др. Параметры предельной (в данных условиях при максимальном напряжении) моторики связаны между собой энергетическими возможностями исполнителя – например, длина и частота шагов, дистанция и средняя скорость на ней, средняя мощность и продолжительность работы. Конкретное значение параметрической характеристики называют параметром.

Наряду с параметрическими существуют и непараметрические характеристики спортивной моторики: *ритмичность* (согласованность ритмов систем телодвижений и движений), *техничность* (рациональность техники и качество ее реализации), *пластичность, экспрессивность* (выразительность), *соответствие канонам* вида спорта, *стабильность* (одинаковость повторов), *эффективность* (результативность) как отношение числа удачных выполнений задания к общему числу попыток. Этими характеристиками определяются оценки качественных сторон выполнения заданий, они являются *констатирующими*. К ним следует добавить *надежность* как вероятность эффективного выполнения задания в будущем – прогностическую характеристику. Это о характеристиках моторики.

Что же касается моторности как совокупности моторных способностей человека, то сначала целесообразно рассмотреть ее место в структуре функциональной «цепочки»: *двигательные задатки – способности – возможности – проявления* (рис. 1).

Понятия «способности» и «возможности» часто не различают и неверно соотносят между собой. Это наносит большой вред осмыслению некоторых основополагающих, важных для теории

длительное время на основе и в результате развития задатков – стихийного и (или) целенаправленного. Это как физические, так и психические (в том числе интеллектуальные) свойства.

Двигательные способности предопределяют легкость и достижимый уровень формирования двигательных возможностей. Это та база, на которой путем приобретения целевых двигательных и недвигательных навыков и умений формируются двигательные *возможности*. Как уже отмечено выше, есть особенность в русском языке: «способность» и «способен» (в единственном числе) означают соответственно конкретные «возможность» и «может», «могу», а совсем не предпосылку их развития. Определив «способность», мы получаем не прогноз, а диагноз. Определив «способности» – получаем прогноз, а не диагноз. Эта особенность нашего языка привела к вреднейшей путанице.

Двигательные задатки – те предпосылки к развитию двигательных свойств человека, которыми он обладает родившись. Они формируются в пренатальный (внутриутробный) период развития организма в результате генетической предопределенности и под влиянием конкретных внутриутробных условий.

Следует различать общие, специальные и конкретно-целевые (специфические) спортивные двигательные возможности (СДВ). Им соответствуют аналогичные виды физической подготовленности. Различие: понятие «физическая подготовленность» основано на результатах выполнения ограниченного количества упражнений, выбранных как позволяющие получить нужную информацию о двигательных возможностях, а спортивные двигательные возможности относятся и к другим упражнениям.

Следует различать предельные (максимально доступные в данных условиях) и градуальные (дозированные) спортивные двигательные возможности. Предельные определяются верхними границами достижимых в рассматриваемые момент времени и условия двигательных проявлений. Градуальные – способность осуществлять целевые проявления на нужном уровне с заданными параметрами в удовлетворяющем нас диапазоне, но, конечно, в пределах, ограниченных максимальными возможностями.

Двигательные *проявления* – конкретные двигательные акты и их системы, то, что он двигательно осуществил. Они опираются на двигательные возможности человека и его конкретную в этот момент психическую активность.

3.2. Анализ концепции физических качеств

СДВ – это то, что человек может *сейчас* или в указанное время в определенных условиях. Их определение – это акт диагностики. Но часто, в том числе в спорте, интересует прогностическая информация. Важно узнать, как легко и быстро может проходить спортивное совершенствование данного человека, какого уровня спортивной подготовленности может он при наличных условиях в пределе достигнуть. Таковую информацию дает определение двигательных способностей. К ним относят и физические качества (ФК).

Концепция ФК возникла на базе идеи о возможности объективно оценивать двигательные способности человека (имеющие целевую направленность на формирование его двигательных возможностей) «по их сторонам», т.е. по принципиально, качественно различным характеристикам. Такое оценивание носит аналитический характер. Объективное оценивание возможно на базе измерений. Рассмотрение «по сторонам» – очень широко применяемый всеми нами способ принципиального оценивания любого объекта – живого и неживого, материального и идеального. Например, покупая кроссовки, мы принимаем во внимание их размер, адекватность ногам (примеряем), конструкцию подошвы, фирму-производителя, внешний вид, цену. Общая оценка перечисленных «сторон» кроссовок определяет, захотим ли мы их купить. Поэтому принцип, заложенный в основу концепции ФК, представляется логичным и продуктивным.

Другое дело – конкретизация и реализация принципа, положенного в основу концепции ФК. Здесь претензий накопилось немало. Искажение самой концепции ФК и неправомерное приложение ее в практике контроля в физическом воспитании и спорте приносит немалый вред (не замечаемый из-за существующей теоретической неразберихи в ряде важных понятий, причем недоразумения все более закрепляются и накапливаются).

Очевидна неполнота этой концепции. Отсутствуют в ней несомненно важные для двигательной активности свойства «прочность опорно-двигательного аппарата», «длина тела», «масса тела» – а разве от них не зависит формирование двигательных возможностей, в частности спортивных? Игнорируются и распределение размеров частей тела, и распределение его масс.

Еще важнее – в ней представлены только физические свойства, т.е. игнорируются психические, хотя совершенно очевидна их огромная роль (это концепция только *физических* качеств, поэтому она принципиально ограничена).

В 40-х годах, в начале становления науки о физическом воспитании и спорте, несколько второпях «назначили» всего 5 ФК, при этом нечетко различая понятия «двигательные способности» и «двигательные возможности». Закономерно было удовлетворение уже одним тем, что стало возможно хоть что-то и как-то измерять и оценивать в физических двигательных данных человека.

Узаконенное в спортивной метрологии определение: *ФК – качественно особые (содержательно принципиально различные) базовые стороны моторности. Каждое ФК измеряется свойственной ему единицей измерения (разные качества – разными единицами) и адекватными способами.* Рассмотрим каждое из 5 качеств отдельно и не только должные, но и практикуемые способы его измерения и оценивания.

ФК «сила». Легко понять, что это не одно, а по меньшей мере два разных качества: «*абсолютная сила*» и «*относительная сила*» (сила, приходящаяся на 1 кг массы тела). Даже единицы их измерения различны: килограмм-сила (кгс) и кгс/кг) либо ньютон (Н) и Н/кг. Измерять нужно стандартизованным способом в изометрическом (или предельно близком к нему) режиме силу каждой из основных групп мышц в основных направлениях суставных движений. Затем с учетом сравнительной (по отношению к другим основным группам мышц) силы каждой группы мышц и значимости управляемых ею важных для нас телодвижений назначается *весовой коэффициент*. Результаты измерения силы каждой из основных групп мышц умножаются на присвоенные им весовые коэффициенты, общая сумма этих произведений по специальной шкале дает оценку ФК «абсолютная сила». Для определения ФК «относительная сила» нужно разделить абсолютную силу на массу тела и по другой шкале дать этому ФК оценку.

Нелепо определять любое из этих ФК по результатам какого-либо силового упражнения (подтягивания, выжимания штанги, сгибания и разгибания рук в упоре лежа, поднимания туловища из положения лежа на спине в положение сидя). Во-первых, это дает оценку (причем косвенную) силы только региональной группы мышц, притом в одном определенном их координационном

сочетании, а не общую оценку данного свойства всей мышечной системы. Во-вторых, чтобы выполнить эти упражнения, нужно владеть целевой техникой (пусть несложной), что ведет к искажению оценки свойства «сила» как интегральной характеристики, отдельной стороны *способностей* человека.

ФК *быстрота*. С ним связано наибольшее количество несообразностей. Его обычно пытаются оценить по одному из так называемых элементарных его проявлений: 1) по времени предельно быстрого свободного (не испытывающего воздействий внешних сил) телодвижения; 2) по предельной частоте малоамплитудных телодвижений; 3) по латентному времени простой сенсомоторной реакции; 4) по «градиенту силы». Но, во-первых, результаты в этих тестах не коррелируют между собой, т.е. они отнюдь не взаимозаменяемы. Во-вторых, результаты первых двух совсем плохо характеризуют скоростные свойства человека, третье – лучше, четвертое – еще лучше, но все же отнюдь не достоверно. Все они не позволяют оценить максимальную доступную скорость активных телодвижений человека, тем более разных телодвижений, как отдельное, качественно особое свойство.

С точки зрения определения двигательных способностей, следует говорить о *4 отдельных ФК*: 1) «быстрота» как свойство напряженных мышц быстро укорачиваться, обеспечивая при этом активное воздействие на движимые ими звенья тела; 2) абсолютная «резкость» как способность быстро напрягать мышцы; 3) относительная «резкость», определяемая делением абсолютной резкости на величину предельного напряжения мышцы; 4) «реактивность» как способность быстро реагировать. Не одно, а 4 ФК.

ФК «выносливость». Выносливость человека определяют как его способность, преодолевая утомление, выполнять работу некоторой заданной интенсивности. На практике уровень выносливости чаще всего определяют по наименьшему времени, за которое человеку удастся преодолеть заданную дистанцию: чем меньше это время, тем выше выносливость. Какие факторы при этом играют роль? 1. Характеристики энергопроизводящих систем, т.е. свойство организма, заключающееся в способности производить метаболическую энергию (это свойство измеряют объективными физиологическими методами – определяя МПК или ПВЦ₁₇₀, называют это свойство *работоспособностью*). 2. Уровень мотивированности, степень желанности как можно быстрее преодо-

леть дистанцию. 3. Уровень силы воли, позволяющей преодолеть мучительные ощущения, сопутствующие сильному утомлению. 4. Эмоциональное состояние. 5. Целевая техническая подготовленность. 6. Целевая тактическая подготовленность. Поэтому бессмысленно говорить о выносливости как ФК.

Нужно говорить о ФК *«работоспособность»*. Но... легко показать, что это не одно ФК, а 5 отдельных видов работоспособности: 1) абсолютной аэробной; 2) относительной (на 1 кг массы тела) аэробной; 3) абсолютной анаэробной; 4) относительной анаэробной; 5) помимо названных, при работе существенно переменного характера (резко меняется ее интенсивность, чередуется работа ногами, руками, туловищем) важна способность быстро отдыхать, восстанавливая работоспособность, и логично назвать этот 5-й вид работоспособности организма ФК *«восстанавливаемость»*.

ФК *«гибкость»*. Здесь противоречий особых нет, хотя нужно учитывать: подвижность в суставах различают: 1) активную, определяемую границами подвижности под действием только работающих в этом суставе мышц; 2) пассивную (эти границы определяются под действием как сил тяги работающих в суставе мышц, так и внешних сил, включая силы действия других звеньев тела); 3) анатомическую, определяемую строением сустава, включая его связочный и окружающий его мышечный аппараты. Видимо, определяя ФК *«гибкость»*, целесообразно ориентироваться на пассивную подвижность (иногда в 1–2 суставах на активную).

В практике и в исследованиях часто пытаются необоснованно определять ФК *«гибкость»* путем косвенного и весьма неточного измерения подвижности в двух суставах: стоя на скамье, наклонном вперед, не сгибая ног, достать концами пальцев рук как можно более низкую отметку на прикрепленной к скамье линейке. Как ни странно, при этом обычно думают (и даже пишут в диссертациях, учебниках, официальных программных документах), что измеряют подвижность позвоночника, хотя дело в подвижности тазобедренных суставов и в соотношении длин частей тела. Способ грубо ошибочен уже тем, что результат во многом зависит и от этого соотношения и от общей длины тела.

Но главное – по подвижности в одном суставе нельзя судить о ФК *«гибкость»* как интегральной характеристике. Нужно по стандартизированной методике измерить подвижность в основных суставах в наиболее важных для нас направлениях движений в них,

умножить каждый полученный результат на соответствующий весовой коэффициент, сумму полученных произведений оценить по специальной шкале. Такой шкалы пока нет, ее никто не удосужился создать, да и весовые коэффициенты тоже не установлены. И потому никто в действительности не измеряет ФК «гибкость» как интегральную характеристику тела человека.

ФК «ловкость». Основные факторы, определяющие то, что так называют: 1) координационные способности; 2) целевая техническая подготовленность (двигательные умения); 3) 6 ФК: абсолютная и относительная «сила», «реактивность», «резкость», «быстрота», «гибкость»; 4) целевые психические качества (сообразительность, смелость, решительность и другие, а также целевые знания). В связи с этим явно несостоятельно утверждение, что ловкость – это ФК. Уже давно многие называют ФК, позволяющее быстро осваивать сложнокоординированные упражнения, успешно выходить из трудных двигательных ситуаций *«координированностью»*.

Таким образом, в концепции ФК необходимо рассматривать не 5, а по крайней мере 16 ФК. Это усложняет концепцию саму по себе, но не усложняет ее использование в практике, поскольку ведь нет никакой надобности определять все 16, нужно выбрать наиболее информативные для конкретного случая. Причем определение уровня любого из них дает гораздо более достоверную и прикладно значимую информацию, чем определение уровня ФК, которые входят в традиционный набор.

Проблема двигательных способностей, однако, не решается и такой развернутой концепцией ФК, поскольку ею не рассматривается целый ряд свойств (двигательных способностей) иного рода. Поэтому актуальна разработка значительно более широкой (по кругу способностей) концепции. Особенно важно включение в этот круг психических свойств. Ниже кратко излагается содержание предлагаемой концепции.

3.3. Концепция моторно-функциональных свойств (качеств)

Моторно-функциональные свойства (качества) (МФК) – и это весьма принципиально – согласно этой концепции разделены на 4 группы по признаку зависимости их от функционально разных особенностей организма: строения тела (сомы), энергети-

ческого обеспечения двигательных действий, психофизиологического, чисто психологического (интеллектуального) обеспечения (рис. 2).



Рис. 2. Схематическое (в определенной мере условное) деление моторно-функциональных свойств (качеств) по участию тела (сомы), его функций и психики в двигательных (моторных) актах

Соматические свойства

1. Длина тела. 2. Масса тела. 3. Прочность опорно-двигательного аппарата. 4. Гибкость.

Каждое из этих свойств можно рассматривать как глобальное (интегральное, организма в целом), но можно рассматривать и его региональные либо локальные (местные) компоненты.

Соматомоторные свойства

1. Сила абсолютная. 2. Сила относительная. 3. Резкость абсолютная. 4. Резкость относительная. 5. Быстрота. 6. Работоспособность аэробная абсолютная. 7. Работоспособность аэробная относительная. 8. Работоспособность анаэробная абсолютная. 9. Работоспособность анаэробная относительная. 10. Восстанавливаемость.

Каждое из этих свойств можно рассматривать как глобальное (интегральное, организма в целом), но можно рассматривать и их региональные либо локальные (местные) компоненты.

Психосоматомоторные свойства

1. Реактивность. 2. Координированность динамическая. 3. Координированность кинематическая. 4. Дифференциальность различительная общая. 5. Дифференциальность исполнительская общая. 6. Моторная стабильность (способность обеспечивать устойчивость систем телодвижений и движений).

Каждое из этих свойств, кроме 4-го, можно рассматривать как глобальное (интегральное), но можно рассматривать и их региональные либо локальные компоненты. В 4-м можно различать дифференциальности разных модальностей.

Психомоторные свойства

1. Реактивность простая. 2. Реактивность сложная. 3. Экстраполятивность. 4. Оперативность. 5. Находчивость. 6. Смелость. 7. Решительность. 8. Рискофильность. 9. Рассудительность. 10. Ситуативная адекватность. 11. Таймерность («чувство» времени, ритма, темпа). 12. Психостойчивость. 13. «Сила воли». 14. Эйдетичность. 15. Двигательная память.

Таким образом, насчитываются 35 интегральных двигательных свойств, если даже не считать целесообразным разделение их на региональные и локальные. Очень много. Но нет нужды определять уровни всех перечисленных свойств, нужно выбирать наиболее информативные из них для конкретных случаев: для разных видов спорта, разной спортивной квалификации, разных целей и др. Большое число МФК косвенно отражает огромную, далеко еще не во всем объеме понятую нами сложность и многогранность понятия «спортивные двигательные способности» – отражает без претензий на полноту, но и без чрезмерного, до неприличия примитивного упрощения, основанного на явно недостаточном понимании сущности вопроса и даже странной путаницы в относящихся к нему понятиях (спортивные двигательные задатки, способности, подготовленность, возможности, проявления).

3.4. Физическая подготовленность

Спортсмена или занимающегося своим физическим воспитанием интересуют его спортивные двигательные возможности: их уровень, их индивидуальная особенность, тенденция к совершенствованию, реально достижимый уровень. Способности его интересуют только в плане перспектив и технологии повышения своих возможностей. Тренер (преподаватель физического воспитания) относится точно так же, но только имея в виду учеников. Поэтому определение уровня двигательных возможностей, т.е. уровня двигательной подготовленности, – важный компонент контроля над спортивной подготовленностью и подготовкой.

Целесообразно различать общую, специальную и конкретно-целевую спортивную двигательную подготовленность, а «внутри» специальной – общеспециальную и специфическую. Общая – та, которая нужна каждому человеку, независимо от культивируемого вида спорта (ее называют также общей физической подго-

товленностью). Специальная отражает ту сторону двигательной подготовленности, которая важна для группы относительно родственных видов спорта (но не характеризует владение упражнениями культивируемого конкретного вида спорта). Специфическая двигательная подготовленность тестируется выполнением упражнений конкретного вида спорта или частей этих упражнений. Упражнения, которыми тестируются все эти виды спортивной двигательной подготовленности, подбираются по принципу их информативности (по мнению контролирующего) для оценивания конкретного человека (контингента). Конкретно-целевая двигательная подготовленность отражает способность выполнять конкретное упражнение (группу сходных упражнений).

Для оценивания общей двигательной (физической) подготовленности чаще всего некритически выбирают готовый рекомендуемый в методической литературе набор упражнений без учета степени его пригодности для конкретных случаев контроля над ходом и результатами спортивной подготовки. От этого страдает информативность контроля над физической подготовленностью. Нужно подбирать в качестве выполняющих роль тестовых заданий те упражнения, уровень выполнения которых дает действительно полезную для целей тестирования информацию.

Но ни в коем случае нельзя считать тестирование физической подготовленности тестированием физических качеств (ФК): двигательная подготовленность характеризует двигательные возможности, каждое упражнение требует проявления, как правило, нескольких ФК и целевой технической подготовленности, а то еще и волевых качеств. А каждое ФК характеризует конкретную сторону двигательных способностей. Напомним: *возможности* – это то, что человек в данный текущий или оперативный отрезок времени *может осуществить* (это диагностическая характеристика), а *способности* – то, что позволяет данному человеку при прочих одинаковых условиях с той или иной степенью легкости и до того или иного уровня развить свои возможности (прогностическая характеристика).

Сейчас принято называть ФК также и *двигательными* качествами. Такое дублирование и нецелесообразно, и некорректно: к двигательным качествам нельзя относить только чисто физические. Представляется целесообразным называть двигательными

качествами возможности в выполнении структурно особых двигательных актов. Например: в прыжке в высоту с места, в ударе по мячу рукой, то же ногой, в стоянии на одной ноге и др.

3.5. Телосложение и моторика. Предельная моторика

Телосложение (длина и масса тела и разных его частей, даже отдельных локальных участков тела) играет в качестве двигательных способностей огромную роль в состоянии и развитии спортивных двигательных возможностей человека, что отражается на выборе вида спорта и амплуа внутри этих видов, отдельных видов упражнений, весовых категорий, поскольку сказывается на легкости формирования двигательных умений и достижимого их качества, а значит и на моторике.

Для метателя большая масса тела – преимущество. Для верхнего в групповой акробатике она огромный недостаток. Немало значит и локализация масс тела. Так, большая масса ног – отрицательный фактор для гимнастов, но не мешает штангистам или гребцам. Большая относительная масса туловища, полезная метателям и борцам сверхтяжелой категории, мешает прыгунам в высоту и волейболистам. Как же не считать эти характеристики телосложения двигательными способностями?

Предельная моторика – это совокупность двигательных действий, выполненных (или предназначенных к выполнению) на пределе возможностей субъекта этой активности. Предельная (в том числе предельно точная) моторика служит характеристикой предельных двигательных возможностей человека. Градуальная моторика (моторика, в которой не используются полностью силовые и энергетические возможности человека – например, нужно прыгнуть вперед ровно на 1 м), обычно составляет довольно большую часть моторики, служа и для увеличения объема нагрузки, и для формирования двигательных умений (в них в качестве компонентов входят двигательные и недвигательные навыки).

3.6. Развитие моторности

Моторность, или совокупность двигательных способностей, изменяется и просто с возрастом, и в ходе разного рода двигательной активности – как не имеющей целью ее развитие, так и в ходе специально направленной на развитие моторности. Развитие моторности зависит также от пола и индивидуальных особенностей

человека: анатомических, физиологических (в том числе половая акселерация или ретардация), психических. Развитие моторности идет по трем «каналам»: 1) развития физических способностей; 2) развития психических способностей; 3) развития координации названных двух групп способностей. Вряд ли нужно рассматривать здесь общеизвестное: возрастное развитие (включая возрастную деградацию) моторности, целесообразно только отметить ее зависимость от протекания процессов полового созревания в соответствующем возрасте. Производство в организме мужчин и женщин (в разных соотношениях и количествах) соответственно *андрогенных* и *эстрогенных* гормонов в этом периоде меняется неравномерно и неодинаково у разных детей.

У разных детей наблюдаются как соответствующее возрасту половое развитие, так и его *акселерация* (ускоренность) или *ретардация* (замедленность). Так как андрогенные гормоны стимулируют развитие мышечной системы и некоторых полезных для двигательной сферы психических качеств, акселерация мальчиков (в связи с повышенной выработкой у них андрогенных гормонов) ускоряет их спортивное совершенствование, а ретардация (пониженная выработка этих гормонов) замедляет. У девочек ретардация (сниженная выработка у них эстрогенных гормонов) ускоряет спортивное совершенствование, акселерация – замедляет. Анаболики (содержащие андрогены) стимулируют рост моторности, но вредят организму, особенно женскому. Поэтому они запрещены. К тому же их применение нарушает справедливость спортивной борьбы – один из главных принципов спорта.

3.7. Рекуперация энергии

Рекуперация энергии – вторичное ее использование. Применительно к двигательной активности речь идет об энергии упругой деформации внешних тел, являющихся для спортсмена опорой, а также элементов опорно-двигательного аппарата.

Внешняя рекуперация энергии связана с использованием упругих свойств спортивных снарядов, оборудования и инвентаря: деформация их упругих конструктивных элементов под механическим воздействием человека накапливает в них упругую энергию (энергию деформации), которую они потом частично отдают телу спортсмена, увеличивая скорость его движения (например, трамплин). Упругость – свойство тела при его неразрушающей деформации накапливать потенциальную энергию, часть

которой оно отдает, восстанавливая свою форму после снятия деформирующего воздействия. Обычно высвобождаемая потенциальная энергия переходит в кинетическую либо самого деформированного тела, либо контактирующего с ним другого тела.

Внутренняя рекуперация энергии состоит в возвращении звеньям тела человека части энергии упругой деформации связок и сухожилий, особенно длинных, а в некоторой степени и соединительнотканых компонентов мышц: оболочек, сетевидного образования в мышечных волокнах – при перерастяжении двух- и многосуставных мышц (односуставные мышцы, кроме приводящих мышц бедер, в норме не перерастягиваются). Например, упругая деформация связок свода стопы, сухожилий пальцев ног и ахиллова сухожилия при беге. Некоторая рекуперация энергии возможна и в результате упругой деформации суставных сумок, хрящей и костей. При этом «возвращаемая» при восстановлении формы потенциальная энергия упругой деформации может переходить в кинетическую энергию движения тела, уменьшая энергозатраты.

3.8. Надежность решения СДД и решения СДЗ

Надежность спортивных двигательных действий (СДД) и решения задач (СДЗ) – интегральная вероятностная характеристика. Она является оценкой вероятности в ближайшей практике решения конкретного вида аналогичных задач *не хуже* удовлетворяющего нас уровня качества (ниже не удовлетворяет, это «отказ», а на заданном нижнем уровне или лучше – безотказное выполнение). Надежность как вероятность измеряется ожидаемым отношением количества безотказных выполнений к общему количеству попыток: $H = A_{\text{безотк.}} / A_{\text{общ.}}$. На практике вероятность в ближайшем будущем безотказного решения определяется по этой формуле на основе уже имевшего место выполнения достаточно большого количества попыток осуществления аналогичных СДД или решения аналогичных СДЗ (в течение времени, за которое подготовленность спортсмена изменяется несущественно). Определяемая по той же формуле характеристика уже произошедшего в наблюдаемом отрезке спортивной двигательной активности, *того, что было*, называется *эффективностью*, в то время как *надежность* – характеристика *ожидаемого*.

Надежность СДД определяется по критерию его соответствия намеченной схеме, а надежность решения СДЗ – по критерию ре-

ализации цели (как представления о том, чего желательно было добиться решением СДЗ). Легко понять, что это не одно и то же. Иногда для хорошего решения СДЗ приходится искажать схемы входящих в него СДД. Но для включения СДД, осуществляемого по конкретной схеме, в решение СДЗ нужно верить в то, что достаточно вероятно его удачное осуществление, т.е. что надежность его осуществления достаточно велика.

Если нужно решать несколько СДЗ, даже не тесно связанных друг с другом двигательно, вероятность решить их все на *удовлетворяющем нас* уровне равна произведению надежностей, что нужно иметь в виду. Так, если нужно решить 5 СДЗ, надежность каждой из которых 0,9 (90%), то надежность решения с одной попытки всех 5 СДЗ равна произведению их надежностей, т.е. $0,9^5 \approx 0,595$ ($\approx 59,5\%$), а если надежность решения каждой 0,8, то $\approx 0,33$ ($\approx 33\%$). Если к тому же связь между СДД или СДЗ тесная и трудная для спортсмена, надежность может оказаться еще намного меньше. Конечно, этот подсчет лишь иллюстративен, в нем не учтены многие факторы.

Надежность решения СДЗ всегда меньше 1. Ее снижают неблагоприятные факторы внешней и внутренней среды, вероятность появления случайных двигательных ошибок. Подробнее о надежности в разделе 5.9.

❓ **Вопросы для самоконтроля?**

1. Что такое моторика и что такое моторность?
2. Что такое параметрические и непараметрические характеристики моторики?
3. Что такое и как взаимосвязаны задатки, способности, возможности, проявления?
4. Как следует понимать концепцию физических качеств? Что нужно в ней изменить?
5. Как следует понимать концепцию моторно-функциональных свойств (качеств)? В чем ее принципиальные отличия от концепции физических качеств?
6. В чем различие физической подготовленности и физических качеств?
7. Что такое моторика, предельная моторика? От чего они зависят?
8. Как происходит развитие моторности?
9. Что такое рекуперация энергии?
10. Что такое стабильность, надежность, эффективность как характеристики осуществления СДД или решения СДЗ?

УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

План лекции

1. *Афферентное обеспечение моторики. Двигательные память и воображение.*
2. *Идеомоторика спонтанная и произвольная.*
3. *Позы, телодвижения и движения, управление ими в спорте.*
4. *Целевой фоновый двигательный функционал (ЦФДФ).*
5. *Соматические, энергетические, управленческие, тактические факторы.*
6. *Спортивное двигательное действие (СДД).*
7. *Техника и технология СДД.*
8. *Взаимосвязь моторности, техники СДД и тактики спортивной двигательной активности.*
9. *Точность при выполнении двигательных заданий. Меткость.*
10. *Организменные реакции. Управление системами движений.*

4.1. Афферентное обеспечение моторики. Двигательные память и воображение

Афферентация – это получение сенсорной информации и ее преобразование в восприятия и образы, которые обеспечивают осознание и осмысление себя и окружающего мира. Такое преобразование необходимо, поскольку объем поступающей субъекту первичной информации настолько велик, что необходимо его в тысячи раз уменьшить – иначе нельзя этой информацией эффективно воспользоваться. Преобразование достигается «отсеиванием» предположительно ненужной информации и экономичным кодированием нужной (в какой-то мере аналогичное архивированию в компьютерах). Управление телодвижениями и движениями осуществляется с использованием 2 типов информации: 1) о той реальности, в которой оно осуществляется, и об ее развитее во времени (обстановочная афферентация); 2) о ходе осу-

ществления активности и об ее результатах (афферентация обратной связи).

Обстановочная афферентация нужна для формирования ситуации (как рефлексивной, мысленной модели реальности, в которой осуществляется активность), а афферентация обратной связи позволяет в результате сличения ее с *афферентной программой* (программой должных⁴ восприятий и образов) реализовать намеченную двигательную программу путем коррекции неизбежных двигательных отклонений от нее и текущих двигательных результатов от ожидаемых (рис. 1). Недостаточность или ошибочность афферентации обоих типов влекут за собой ошибочные решения и ошибки в активности.

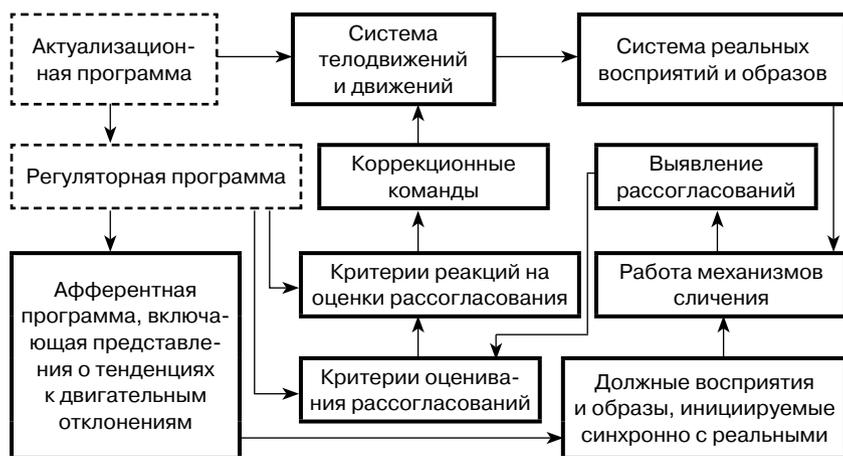


Рис. 1. Блок-схема двигательных регуляций с обратной связью

Обстановочная афферентация разделяется на *базовую* (на базе осмысления которой формируется ситуация) и *фоновую* (оказывающую фоновое влияние на подсознание, и потому в какой-то мере и на формирование ситуации и на афферентацию обратной связи). Афферентацию обратной связи тоже можно разделить на информацию о *ходе* активности и об ее *результатах*.

Различают пассивную и активную афферентацию. Пассивная поступает без специальных для этого усилий субъекта, как бы

⁴ Таких, какие должны появиться при правильном (желаемом нами) выполнении намеченных действий.

сама собой, а активная «добывается» им в соответствии с целью и благодаря специально направленной на это активности. Нужную информацию нужно уметь «собирать», поэтому активная афферентация опирается на опыт субъекта.

Афферентацию образуют сенсорные компоненты разной модальности: зрительной, слуховой, вкусовой, обонятельной, вестибулярной, кожной (с видами рецепции: тепловой, тактильной, болевой, растяжения, давления), проприоцептивной, а также квазисенсорные – «чувство времени», идеомоторные представления, опосредованные восприятия (каким-либо предметом – обувью, палкой, ножницами, карандашом – так называемый эффект трости). Нужные компоненты информации интегрируются, преобразуясь в полимодальную систему, затем в образы (в том числе двигательные). «Качество» афферентации зависит и от состояния сенсорных механизмов, и от накопленного субъектом целевого афферентного опыта, психологического состояния, знаний и опыта.

Что такое двигательная память – точно сказать никто не может, иногда даже подразумевают обычную память применительно к повторяемым действиям. Можно полагать, что двигательной памятью следует считать некоторое системное единство логической и сенсорной памяти, ассоциативной настройки целевых и служебных механизмов организма (в том числе периферийных), двигательной актуализационной программы и двигательной метапрограммы⁵, соответствующих данной повторяемой активности. Хорошая двигательная память позволяет легко добиться хорошей повторяемости системы телодвижений и движений при выполнении двигательных действий, т.е. становления соответствующих двигательных навыков и уже потому (но не только) умений⁶.

В значительной мере на двигательную память опирается двигательное воображение. Оно позволяет не только мысленно конструировать двигательную активность, но и осуществлять идеомоторику. И то, и другое во многом определяет трудоемкость и доступный уровень двигательных умений. Двигательное воображение позволяет на уровне рефлексии осмысливать и конструировать также и чужую двигательную активность.

⁵ См.: Коренберг В.Б. Основы спортивной кинезиологии. – М.: Советский спорт, 2005; и лекцию 5.

⁶ См. лекцию 5.

4.2. Идеомоторика спонтанная и произвольная

В том или ином виде идеомоторика сопровождает нас повседневно, хотя обычно спонтанно (самопроизвольно) и неосознаваемо: в своей двигательной активности мы непрерывно опережая (на доли секунды, даже на секунды) идеомоторно представляем себе предстоящую систему движений и некоторые основные восприятия и образы, которые должны ее сопровождать. Но иногда мы и в обыденной жизни осознанно, произвольно применяем идеомоторику для лучшего контроля над осуществляемой двигательной активностью – как синхронно, так и опережающе, а иногда и ретроспективно (распространяем ее на прошедшее). В спорте произвольная идеомоторика – важное средство технической подготовки и улучшения выступлений на соревнованиях.

Следует различать: 1) идеомоторную *тренировку*, содержание которой – идеомоторное выполнение намеченных упражнений, как уже освоенных – с целью совершенствования умения реально их выполнять, так и еще не освоенных – с целью облегчить их освоение; 2) идеомоторную *настройку*, содержание которой в идеомоторном выполнении упражнений непосредственно перед реальным их выполнением – с целью улучшить управляемость телодвижениями и движениями; 3) идеомоторное *сопровождение*: мысленное выполнение отдельных телодвижений, их систем, двигательных действий, на долю секунды опережающее реальное их выполнение – это позволяет улучшить процесс управления телодвижениями и движениями; 4) идеомоторное *конструирование*: мысленное выполнение новых двигательных действий, модернизации известных, адаптивное (приспособительное) новое соединение действий, облегчающее «правильное» их конструирование, поскольку помогает составить предварительное представление об афферентной стороне выполнения этих упражнений (в частности, это может делать тренер за ученика).

Идеомоторная настройка позволяет удовлетворяться менее нагруженной реальной двигательной настройкой, а помимо этого улучшает самоконтроль в ходе выполнения задания (уточняет *афферентную программу* – программу должных восприятий и образов, с которой синхронно сличаются реально возникающие восприятия и образы – это лежит в основе срочной коррекции неизбежных отклонений от двигательной программы).

Идеомоторике следует обучаться, в результате такой тренировки представления становятся более яркими и четкими. Кроме того, нужно добиваться того, чтобы длительность (время) идеомоторного выполнения задания и его отдельных частей как можно меньше отличались от реального их выполнения.

4.3. Позы, телодвижения и движения, управление ими в спорте

Позу можно считать совокупностью телодвижений с нулевой скоростью. *Телодвижение* – движение одного звена относительно сочлененного с ним, либо нескольких звеньев, составляющих часть тела, относительно сочленяющегося с этой частью тела другой его части. *Движение* – перемещение тела человека или его звена (части) в выбранной системе отсчета координат. Так что телодвижение и движение – разные понятия. Далее будем говорить только о телодвижениях и движениях, подразумевая что поза – лишь вариант системы телодвижений. При анализе причин телодвижений рассматривают работу мышц и внешних сил. При анализе движений тела человека рассматривают внешние относительно него силы, работа мышц не рассматривается (хотя она, управляя активными телодвижениями, вызывает появление части из внешних относительно тела сил). Движения звеньев тела – сумма соответствующих телодвижений и движений всего тела.

Схема системы телодвижений и движений, выполнением которой спортсмен рассчитывает достигнуть заданного двигательного результата в спорте – это *техника двигательного действия*. Ее реализация – система телодвижений и движений, осуществляемая в результате сложнейшей системы дозированных напряжений и расслаблений мышц, для управления которой необходимы тонкие и мощные нервные механизмы.

Управление двигательной активностью, тем более спортивной, только кажется нам простым, ибо наш организм к ней очень хорошо приспособлен. Миллиарды нервных клеток и сотни миллиардов связей между ними обеспечивают слаженную работу сотен мышц, функция каждой из которых сама по себе огромная по сложности система процессов, обеспечиваемая сотнями биохимических процессов в каждом из многих тысяч составляющих ее мышечных волокон. Такая «неохватность» процесса управления

требует сложнейших управляющих механизмов и вынужденно в определенной мере основана на вероятностных процессах, что проявляется в неизбежных отклонениях от намеченной программы, которые необходимо как можно быстрее компенсировать.

Так как рассмотрение процессов молекулярного уровня (за исключением процесса напряжения мышцы) не входят в наш курс, остановимся на сущности более высокого уровня процессов управления системами телодвижений и движений.

Н.А. Бернштейн показал: человек не может без отклонений реализовать сформированную программу системы движений. Он показал естественность, неизбежность и высокую частоту двигательных отклонений от программы. Можно указать некоторые причины отклонений телодвижений и движений от программы: 1) элемент вероятности в активизации нервно-мышечных механизмов в соответствии с конкретной сформированной двигательной программой; 2) неоднозначная зависимость импульсации мышцы от вызывающего ее усилия (психической категории); 3) неоднозначность зависимости напряжения мышцы от ее импульсации; 4) неоднозначность зависимости телодвижения от напряжения всех мышц, его вызывающего, тем более от напряжения одной из этих мышц; 5) неоднозначная зависимость движений от телодвижений. К тому же невозможно сформировать двигательную программу, полностью соответствующую ситуации – как и ситуацию, полностью соответствующую реальности.

Телодвижения и движения все время отклоняются от задуманного, и приходится все время их корректировать, для чего необходима программа регуляций, содержащая критерии и шкалы возможных отклонений, критерии и шкалы необходимых коррекций напряжений нужных мышц. А как определить наличие и характер отклонений? Нужно иметь *программу должных восприятий и образов* (афферентную программу) – таких, которые *должны возникать по ходу* желаемого по качеству выполнения двигательного действия, т.е. выполнения без существенных отклонений от двигательной программы. С афферентной программой нужно сличать (сравнивать) реально возникающие при выполнении двигательного действия восприятия и образы, что позволяет обнаружить и «взвесить» произошедшие отклонения либо убедиться в их отсутствии, учитывая особенности ситуации.

Сложно? Но другого способа управлять такой сложной и недетерминированной системой процессов нет. Попытки все объяснить в управлении двигательными действиями с позиций условнорефлекторной теории научно несостоятельны, но «по инерции» встречаются даже в наше время – таково обаяние примитивного.

Наличие инварианта (неизменной основы) афферентной программы и способность вносить в нее целесообразные ситуативные изменения – базовый компонент двигательного навыка. Поэтому формируя его путем повторных попыток выполнения двигательного действия, нужно анализировать сопровождающие процесс выполнения восприятия и образы, «прислушиваться» к ним, запоминать возникающие при удачных попытках. Нужно запоминать восприятия и образы, сопровождающие разные ситуативно целесообразные варианты выполнения целевого действия. Так формируется гибкий двигательный навык.

Функция «автоматической» стабилизации суставных углов задаваемой величины принадлежит системе специализированных клеток веретенообразной формы (мышечным веретёнам). Веретено прикреплено концами к мышечному волокну и отвечает на его удлинение или укорочение соответствующими импульсами в спинной мозг, что возбуждает мотонейрон, соответственно увеличивая или уменьшая напряжение мышцы. Это обеспечивает укорочение удлинившейся мышцы или удлинение укоротившейся. Из двигательной зоны головного мозга импульсацией через γ -эфферентные нервные волокна устанавливается длина веретена, при которой оно остается пассивным (это так называемая его «установочная длина»). Установочной длиной веретена определяется суставной угол, который нужно сохранять до получения веретеном сигнала, изменяющего его установочную длину. Таким образом система мышечных веретён избавляет человека от непосильной из-за огромной информационной емкости работы по сохранению задаваемых суставных углов и позы в целом.

Сказанное затрагивает лишь часть механизмов управления двигательной активностью, разобраться во всей его многосторонности и сложности наука пока сумела лишь частично, и потому такая задача, разумеется, не входит в цели нашего курса биомеханики.

4.4. Целевой фоновый двигательный функционал (ЦФДФ)

Для того, чтобы лучше выполнить двигательное задание, нужно создать условия для максимальной мобилизации своих целевых двигательных возможностей. Такие условия – благоприятный фон для выполнения задания – создаются ЦФДФ (целевым двигательным функционалом, т.е. функцией от значений нескольких функций). Но для каждого из СДД, которыми осуществляется выполнение задания, наилучшие условия разные, поэтому нужно обеспечить своевременное изменение ЦФДФ в процессе перехода от завершенного СДД к последующему. ЦФДФ интегрирует:

- целевую психологическую установку, направленную на выполнение именно предстоящего двигательного задания как системы СДД, с учетом «требований» каждого из этих СДД и особенностей их сопряжения;

- целевую глобальную позу и ее компоненты – региональные и локальные позы, значимость которых различна;

- целевое системное напряжение мышц, обеспечивающее как фазную работу «исполнительных» групп мышц, так и опорную функцию других, а также нужные частотные характеристики тела;

- активацию и целевую настройку нужных афферентных и двигательных «автоматизмов», целевую организацию дыхания;

- активацию целевой афферентной программы;

- идеомоторную подготовку к двигательным переключениям с работы одного характера на другой (в пределах данного СДД);

- целевое эмоциональное состояние, готовность к его регуляции.

Поскольку ЦФДФ даже для смежных СДД могут очень значительно, порой коренным образом различаться, своевременный переход от одного СДД к другому требует наличия отдельного навыка, а нередко даже не может быть осуществлен наилучшим образом, так что в таких случаях приходится удовлетворяться далеко не оптимальными ЦФДФ.

Умение своевременно и адекватно предстоящему СДД и своему состоянию формировать фоновый двигательный функционал в значительной мере определяет способность выполнить целевые

СДД и двигательное задание в целом. Такие умения применительно к нужным наборам СДД – тем более к слитным системам СДД – нужно формировать специально и целеустремленно.

С точки зрения «чисто» биомеханического анализа можно отдельно рассматривать телесную часть ЦФДФ – целевой фоновый двигательный функционал тела (ЦФДФТ), в состав которого входят целевая исходная поза, целевое фоновое напряжение мышц, целевая организация дыхания.

4.5. Соматические, энергетические, управленческие, тактические факторы

Успешность выполнения спортивных двигательных заданий определяется целевыми двигательными *умениями*, в состав которых входят: целевое соматическое (телесное) соответствие, целевая энергетическая обеспеченность требуемых двигательных действий, целевые двигательные управленческие и тактические возможности, навыки, знания. Под целевым соматическим соответствием подразумеваются размеры тела, целевые прочность ОДА и гибкость, масса тела и ее локализация. Эта трактовка понятия «двигательное умение» нетрадиционна.

Под целевой энергетической обеспеченностью подразумеваются целевые локальные силовые и скоростные возможности и целевая выносливость. При этом нужно иметь в виду, что в некоторых видах спорта нужны абсолютные силовые возможности, в других – относительные, притом те и другие определенным образом локализованные, т.е. важны те или иные их локальные компоненты (обеспечиваемые соответствующими группами мышц).

В ряде видов спорта нужно особенно быстро напрягать и расслаблять мышцы, совершать очень быстрые телодвижения.

Целевая выносливость определяется соотношением в некоторых видах спорта абсолютной, в других видах спорта относительной аэробной и анаэробной работоспособности, способностью быстро восстанавливаться, афферентной адаптированностью к целевым нагрузкам и силой воли (позволяющей «терпеть» и преодолевать усталость), а также (притом в немалой степени) целевой технической подготовленностью.

Управленческие возможности зависят от наличия и совершенства специальных навыков – способности в определенном

диапазоне условий произвольно выполнять нужные СДД, если в наличии целевые физические функциональные возможности (целевая энергетическая обеспеченность и имеющие целевое значение телесные свойства).

Под тактическими возможностями имеется в виду способность формировать ситуацию как модель реальных внешних и внутренних условий (часто при жестком лимите времени), включая рефлексию намерений других позиционеров ситуации, формировать СДЗ, включая ситуативные цели, принимать для себя определенные «правила игры», оценивать для себя личную значимость того или иного характера и совершенства достижения желаемого результата, способность по мере надобности менять тактику.

4.6. Спортивное двигательное действие (СДД), его состав, структура, функция

СДД – наиболее сложный фрагмент двигательной активности, процесс, который его субъект в ходе осуществления воспринимает в своем сознании (рефлексируя) как нераздельное целое, целостный акт. В противном случае, если мысленно выделил одну или несколько частей СДД, то оно превращается во *столько* действий, *сколько частей* образовалось в результате этого мысленного расчленения СДД. Но *не во время* выполнения (до начала, после завершения) мысленную схему СДД мысленно разделять можно – для анализа, для модификации его техники, для локализации допущенной или предполагаемой двигательной ошибки.

В СДД как системе можно по-разному (по функциональному признаку – по выполняемой роли в данном СДД) выделять подсистемы – субдействия («поддействия») – рис. 2, а–г.

1-й способ – деление на этапные субдействия – по смысловой роли в целостном СДД: а) основное субдействие осуществляет основное его содержание, то, что его характеризует как данное СДД и отличает от других; б) подготовительное субдействие обеспечивает возможно лучший ЦФДФ для основного, а если нужно – и исходную энергию (кинетическую или потенциальную); в) завершающее субдействие обеспечивает удовлетворительный (удовлетворяющий субъекта) приход в нужное конечное положение или переход к выполнению следующего СДД.

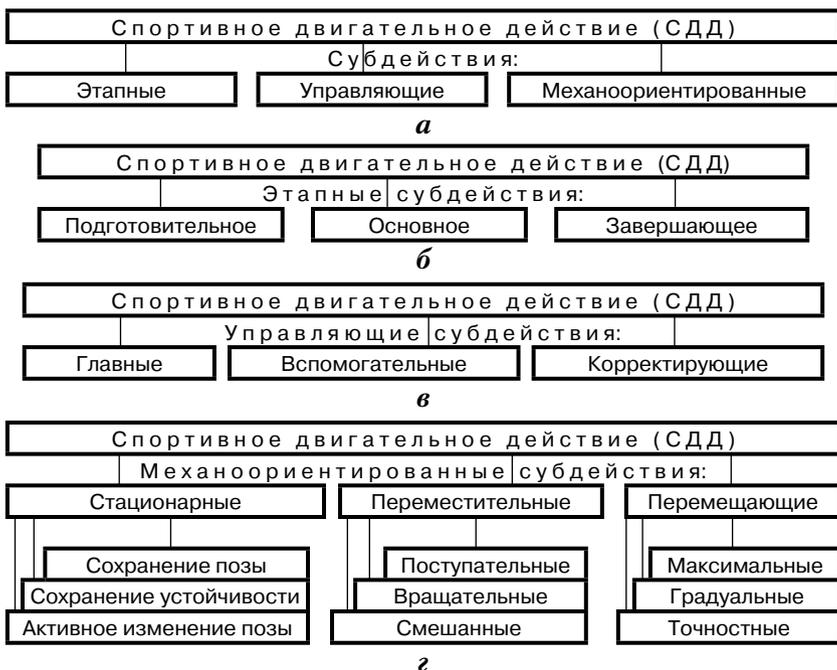


Рис. 2. Разные способы членения СДД на субдействия (для анализа):

а – разные способы деления, **б** – на этапные, **в** – на управляющие,

г – на механоориентированные субдействия

2-й способ – деление на управляющие субдействия – по типу решаемой подзадачи управления выполнением СДД: а) главные субдействия в совокупности обеспечивают в целом выполнение СДД по заданной схеме; б) вспомогательные субдействия улучшают и/или облегчают выполнение СДД; в) корректирующие субдействия должны компенсировать допущенные двигательные отклонения от заданной схемы системы телодвижений и движений. Эти субдействия двигательно осуществляются соответственно главными, вспомогательными и корректирующими управляющими телодвижениями и движениями.

3-й способ – по биомеханической роли в СДД – на механоориентированные субдействия: по реализуемым закономерностям биомеханики. В каждом таком субдействии имеется основной механизм – его роль определяется одной из таких закономерностей. Деление СДД на такие субдействия целесообразно для проведе-

ния биомеханического анализа как его техники, так и ее актуализации (реализации в конкретных условиях).

Помимо состава в системе важны ее структура и функции. На рис. 3 показана система компонентов структуры СДД. Предлагается объединение их в 4 модально различные группы (субструктуры). Такое деление направляет анализ как техники СДД, так и ее актуализации. Чтобы не загромождать схему, под силовыми, импульсными и мощностными «по умолчанию» подразумеваются характеристики воздействия как на поступательное, так и на вращательное движение тел (т.е. и силы, и моменты сил и т.п.). Из эфферентных компонентов анализу, к сожалению, поддаются только осознаваемые субъектом. Компоненты функции СДД можно классифицировать как показано на рис. 4. Конечно, соотношение значимостей этих частных функций в разных СДД и в разных двигательных ситуациях существенно различно, вплоть до отсутствия отдельных из них.

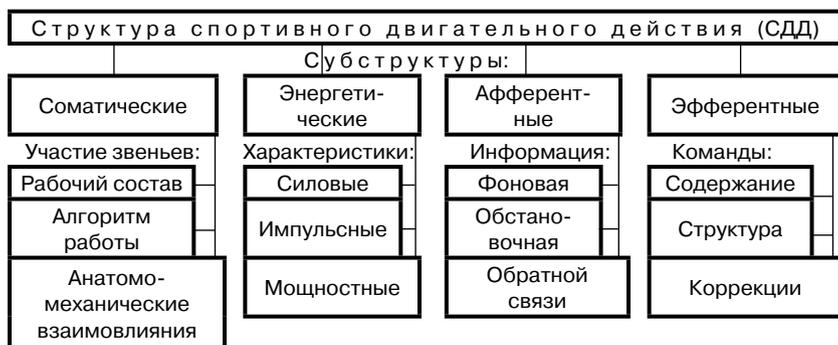


Рис. 3. Структура СДД как системы субструктур и их компонентов



Рис. 4. Функция спортивного СДД как системы

4.7. Техника и технология СДД

Техника СДД – схема системы телодвижений (напомним: поза – это система телодвижений с нулевой скоростью) и движений (перемещений в выбранной системе отсчета), посредством которой субъект этого СДД хочет его осуществить, т.е. получить нужный двигательный результат. Система телодвижений и движений – *внешнее* действие, но оно результат осуществления *внутреннего* действия, т.е. актуализации (реализации в конкретных условиях) его схемы. Внутреннее действие – команды мышцам для актуализации двигательной программы, афферентация, сличения реальных восприятий и образов с должными (теми, которые предположительно должны сопровождать хорошее выполнение СДД) и оценивание расхождений (рассогласований), определение двигательных коррекций (поправок), контроль за ситуацией с оцениванием ее изменений и др. (рис. 5). Схему внутреннего действия логично называть его *технологией*⁷.

Движение – изменение положения (координат) объекта (точки, тела) в выбранной системе отсчета. Поэтому значение скорости или ускорения объекта в разных системах отсчета может быть разным (принцип относительности движений). Телодвижения же не подчиняются этому принципу, поскольку система отсчета «скреплена» с опорным звеном тела, а в безопорном состоянии тела – с проксимально расположенным из сопряженных. Если рассматриваем напряжение мышц, значит анализируем телодвижения. Активное изменение движений тела или его звеньев есть результат, следствие активных телодвижений.

Если действие освоено, то, как видно по рис. 5, важно хорошо актуализировать схему внутреннего действия, и тогда «само

⁷ Этот термин взят из промышленного производства. Так, если в цех приходит заказ на изготовление новой детали, то технолог цеха разбивает ее изготовление на отдельные операции и составляет для рабочих технологические карты, в которых дан чертеж детали, по которому видно, что нужно сделать, и указано, как закрепить заготовку, в какой последовательности, на каких оборотах станка, с какой точностью и классом чистоты поверхности выполнять нужные операции, т.е. как это сделать. Вот это «как делать» и называется технологией изготовления детали. Аналогично технологией логично называть то, «как», какими недвигательными, мыслительными операциями нужно управлять выполнением системы телодвижений и движений (схема внутреннего действия), а техникой – «что» нужно двигательно выполнять.

собой» осуществится внешнее действие. Поэтому тренер должен помогать спортсмену целесообразно формировать и актуализировать внутреннее действие, а не концентрировать все внимание на технике СДД и ее актуализации. На рис. 6 показана блок-схема внутреннего СДД как активности нервной системы, в том числе – и в первую очередь – осознаваемая.

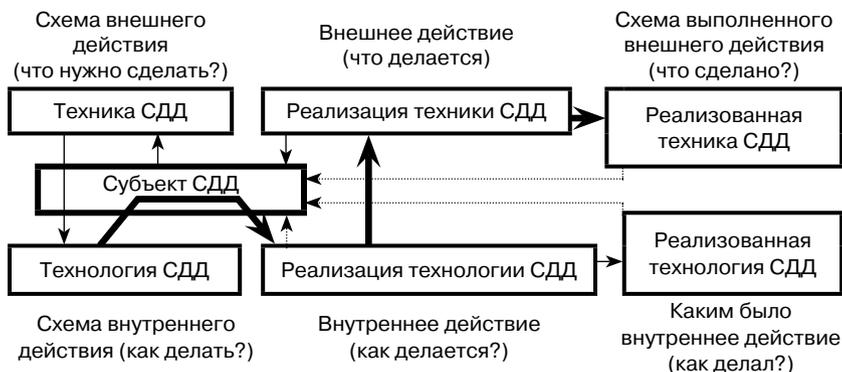


Рис. 5. Схема осуществления освоенного СДД.

Тонкие стрелки – формирующие связи, жирные – основной путь реализации техники СДД, пунктирные – пути получения субъектом информации обратной связи



Рис. 6. Два «этажа» ветвления внутреннего СДД

Актуализационная двигательная программа – та, которую желательно актуализировать (реализовать в конкретных условиях). Аффективная программа – программа должных восприятий и образов, которые должны сопровождать желаемое осуществление СДД. Смысловая программа – программа понимания функциональных связей и причинно-следственных отношений компонентов СДД. Кинематическая программа – отображает смысловую, это программа осуществления пространственной, пространственно-временной, ритмо-темповой картины двигательного акта. Динамическая программа обеспечивает реализацию кинематической, это программа силовых взаимодействий, а значит и напряжений мышц. Кодовая программа – программа импульсации мышц, в которой «закодирована» динамическая программа.

4.8. Взаимосвязь моторности, техники СДД и тактики спортивной двигательной активности

Тактика и техника – схемы того, что, по нашему мнению, нужно делать, и как эти действия системно организовать, чтобы получить нужный эффект. Они взаимосвязаны: тактика конструируется с учетом подлежащей реализации техники, а техника – с учетом подлежащей реализации тактики и доступности спортсмену ее реализации. Еще теснее взаимосвязаны актуализация тактики и техники – это компоненты единого ситуативного процесса, они должны быть согласованы между собой. Любой тактический замысел осуществляется подходящими для этого техническими действиями, посредством СДД. Но и варианты техники СДД нужно подбирать такие, чтобы они наилучшим образом обеспечивали решение целевой тактической задачи.

Еще теснее связь целевой техники с физическими и психическими функциональными возможностями. Ее нельзя реализовать при их недостаточности, поэтому функциональные возможности развивают под желаемые варианты техники нужных СДД. С другой стороны, спортсмен выбирает варианты техники СДД, которые посильны для него именно при наличных целевых функциональных физических и психических возможностях, и в то же время обладают достаточной целевой эффективностью.

Осваивать нужно те СДД, те варианты их техники, которые соответствуют ожидаемым тактическим задачам. В то же время выбираемые тактические построения должны соответствовать освоенным СДД, причем в освоенных их технических вариантах.

4.9. Точность при выполнении двигательного задания. Меткость

Точность бывает: 1) *оконечной*, когда она оценивается точностью достижения конечного результата: попадания в цель (часто такую точность называют целевой, но у термина «целевой» другой смысл), развития дозированной силы (*динамическая* точность), целевого временного (временных соотношений) или пространственного (размещения объектов в пространстве) рисунка телодвижений и движений – это (*ритмическая* точность), причем независимо от хода осуществления программы задуманного; 2) *процессуальной (траекторной)*, когда оценивается точность осуществления процесса действия; процессуальная точность может быть либо самой целью, либо только средством реализации цели.

Обеспечение кинематической или динамической конечной или процессуальной (промежуточной, относящейся к процессу выполнения действия) точности может быть *целью* задачи, а может носить *служебный* характер, лишь позволяя легче и лучше реализовать цель двигательной задачи. *Целевой* точностью логично называть точность, ориентированную на решение задачи, реализацию ее цели. Точность кинематическая – обычно пространственная, иногда пространственно-временная (скорость, ускорение, точность воспроизведения заданного ритма). Точность динамическая – точность развития силы взаимодействия, изменения силы, длительности напряжений, сочетания напряжений ряда мышц.

Способность человека развивать нужную точность называют меткостью. Ее можно развивать методически организованной тренировкой и просто выполнением упражнений, требующих проявления интересующего нас вида точности. Меткость обеспечивается способностью дифференцировать восприятия и дифференцировать исполнительскую часть выполнения действий.

4.10. Организменные реакции. Управление системами движений

Принято считать рефлексy организменными реакциями, т.е. реакциями организма на рефлексогенные раздражители. А многие и в настоящее время продолжают считать всю активность человека определенной совокупностью рефлексов. Эти представления, многие десятилетия насаждавшиеся в нашей стране идеологическим аппаратом, грубо и принципиально ошибочны, отражая механицизм мышления, и это нетрудно показать.

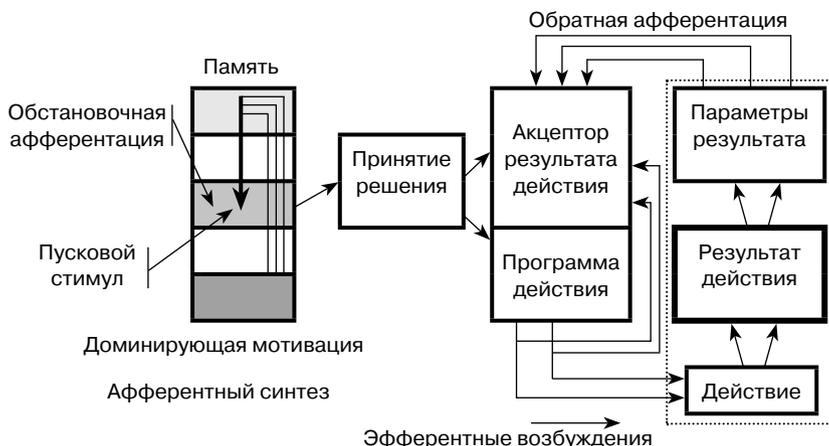


Рис. 7. Структура функциональной системы (по П.К. Анохину)

Не может человек иметь такое количество безусловных (врожденных) рефлексов и выработать такое количество условных (приобретенных) рефлексов, чтобы обеспечить даже только двигательное поведение человека, не говоря уже о мышлении.

Для этого требуются миллиарды рефлексов, а в году, увы, меньше 32 миллионов секунд. Соответственно потребовались бы миллиарды рефлексогенных (вызывающих рефлексy) раздражителей, да еще тонко дифференцированных по силе. Нужно ли доказывать, что это невозможно?

подавляющее большинство раздражителей отнюдь не рефлексогенны, они «обслуживают» лишь приобретение знаний и управление с обратной связью, осуществляемое в рамках активности функциональных систем (по П.К. Анохину – см. рис. 7). Логично

предположить, что организменные реакции носят двухступенчатый характер, иллюстрируемый блок-схемой на рис. 8.

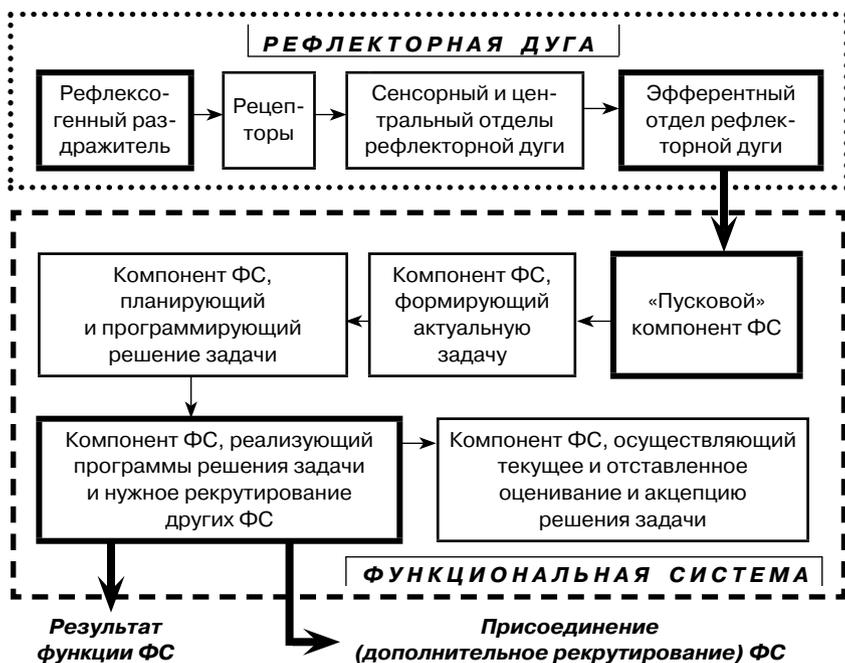


Рис. 8. Блок-схема организменной реакции.

Жирными границами отмечены ключевые блоки. Пунктирным контуром ограничена (как отдельный самостоятельный механизм) рефлекторная дуга, штриховым контуром – функциональная система (ФС), активированная рефлексом. Если ФС определяет свою недостаточность для решения задачи, она рекрутирует «в помощь» нужную (нужные) для решения задачи ФС

Рефлекс чисто нервный процесс, лишь механизм для активизации соответствующей функциональной системы, а не вся реакция организма. Этим снимаются практически все внутренние противоречия рефлекторной теории.

❓ **Вопросы для самоконтроля**

1. Какова роль афферентации в моторике?
2. Что такое и каковы виды и значение идеомоторики?
3. В чем различие между телодвижениями и движениями? Как соотносятся поза и телодвижения?

4. На каких принципах строится управление движениями?
5. Каковы взаимосвязи моторности, техники СДД и тактики в двигательной активности?
6. Каковы состав и структура СДД как системы?
7. Что такое техника и технология СДД, каково их соотношение?
8. Каковы роли техники и технологии СДД в его осуществлении?
9. Как связаны разные стороны двигательной активности?
10. Что такое точность и меткость?
11. Какова принципиальная структура реакции организма на стимул?
Что понимать под рефлексом?

ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ МОТОРИКИ

План лекции

1. *Дуальность и иерархическая структура двигательной активности.*
2. *Рефлексия как мысленное моделирование.*
3. *Некоторые теоретико-деятельностные категории.*
4. *Спортивная двигательная ситуация.*
5. *Формирование иерархии целей.*
6. *Спортивные двигательные задачи (СДЗ) и их решение.*
7. *Спортивные двигательные навыки и умение.*
8. *Спортивные двигательные ошибки, критические ситуации, их преодоление.*
9. *Надежность решения СДЗ и ее обеспечение.*
10. *Развитие управленческих возможностей в СДА.*
11. *Активность и деятельность.*

5.1. Дуальность и иерархическая структура двигательной активности

Активность осуществляется как бы в двух плоскостях: в материальном мире, в реальности, и в сознании, в идеальном, информационном мире. Эту двойственность (дуальность) нельзя не учитывать при анализе спортивной двигательной активности, поскольку управление ею осуществляется в сознании, в мире субъективном, хотя реализуется она в мире материальном. Поэтому то, как обеспечивается двигательная активность психической активностью, не менее важно анализировать, чем биомеханические условия и закономерности. *Существуя* в материальном мире, мы *живем* в идеальном мире своих представлений (но он, конечно, продукт материальных процессов, протекающих в центральной нервной системе), всегда субъективно и лишь в меру индивидуальных возможностей отображающих мир материальный. Дуальны и все деятельности и жизнедеятельность в целом.

Мы управляем своим поведением в соответствии с ситуацией. Ситуация не системная совокупность внешних и внутренних условий, а модельное представление о реальных условиях, мысленная модель реальности, отображающая только то, что именно мы считаем существенным для решения своей задачи. От того, как человеку удастся сформировать эту модель (адекватно реальности и цели), зависит, насколько адекватным реальности окажется план решения задачи и насколько успешно удастся его актуализировать (реализовать в конкретных условиях).

На рис. 1 показано, что структура двигательной активности (далее ДА) не «плоская» (только с «горизонтальными» связями), а многоэтажно иерархична: вышестоящие уровни включают в себя нижележащие и системно связывают их, подчиняют себе, управляют ими. Ключевой «этаж» – двигательное действие (ДД; выделено жирным шрифтом и границами блока), потому что это наиболее сложный фрагмент ДА, *в процессе его осуществления* воспринимаемый субъектом как целостный, нераздельный. Он

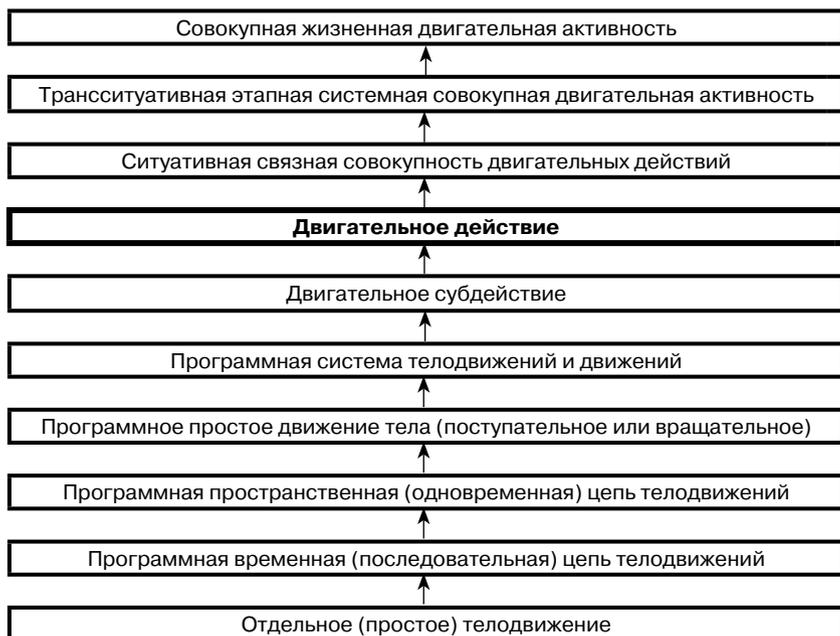


Рис. 1. Иерархическая структура двигательной активности.
 ДД – двигательное действие; субдействия – подсистемы ДД

обладает всеми атрибутивными признаками двигательной активности и потому может считаться ее «единицей». Двигательный навык – приобретенная двигательным опытом способность осуществлять двигательное действие по определенной заданной схеме, если налицо нормативные внешние условия и нормативные для данного человека оперативные внутренние условия и функциональные возможности. Субдействие – по тому или иному функциональному признаку выделенная часть ДД.

«Трансситуативный этапный» – «проходящий» через разные ситуации определенного этапа, соответствуя им всем, а не только одной конкретной ситуации фрагмент ДА.

Остальные обозначения понятны без пояснений.

5.2. Рефлексия как мысленное моделирование

Мы можем осмысленно познать любые объекты (вещественные, материально-процессуальные, статично и динамично информационные, процессуально-информационные) только через посредство построенных нами их мысленных моделей. Модельное осознание и осмысление как своих, так и чужих поступков и мыслей называют их *рефлексией* (рефлексированием). Наши знания об этих объектах шире и глубже соответствующих их рефлексивных моделей, но деятельностно-понятийное мышление всегда опирается на рефлексию. Ведь понятия – это плоды обобщений, а обобщения в чем-то богаче обобщаемого, но в целом беднее его, поскольку при обобщении обязательно теряются детали, конкретность, действительность обедняется, поэтому философы называют переход от общего к частному, конкретному подъемом.

Рефлексия целенаправленна, она участвует в формировании целей. Любое мысленное моделирование по сути есть рефлексия. Цель ведь тоже мысленная модель того, чего субъект желает в реальности. Напомним: модель – это не просто схематическое отображение объекта моделирования, а отображение, *ориентированное на решение конкретной задачи* (правда, задачи могут быть достаточно сложными, может идти речь о блоке задач).

Особо следует сказать о рефлексии чужих мнений, СДЗ, их решений и намерений так или иначе их решать, а также о вашем понимании понимания другими ваших СДЗ и намерений их решить. Рефлексивная модель чужой СДЗ и ее предполагаемого решения не должны реализовываться двигательным, это предельвается мыс-

ленно, поэтому их логично называть *квазидвигательными*. Так, например, в спортивных играх нужно все время рефлексировать не только намерения партнеров и противников – предположительных участников игрового эпизода, но и их понимание моих (субъекта рефлексии) намерений.

5.3. Некоторые теоретико-деятельностные категории

Ситуация – мысленная модель реальности (внешней и внутренней), представление о ней, ориентированное на решение конкретной задачи. Ситуации бывают разных видов: 1) оперативные – сиюминутные, мгновенные – и более обобщенные и потому длительно существующие: текущие, этапные; 2) динамичные и устойчивые; 3) развивающиеся относительно предсказуемо или непредсказуемо; 4) предвещающие, исходные, целевые; 5) отображающие, конструируемые, индуцированные (внушаемые кем-то).

Мотив и мотивация – эти понятия нужно четко различать:

1) мотив – это логическое, интуитивное, эмоциональное обоснование кратковременного ситуативного побуждения к тому или иному роду активности, формируемое, конечно, под влиянием не только ситуативных (сиюминутных, текущих) потребностей, но и целей более высокого уровня и ментальности человека;

2) мотивация – это тоже логическое, интуитивное и эмоциональное обоснование побуждения, но побуждения долговременного, трансситуативного (неситуативного, проходящего через самые разные ситуации, не зависящего от них) побуждения к деятельности; это обоснование субъектом соответствующей его деятельности определенного вида.

Мотивирование – процесс формирования мотива или мотивации – как самим человеком (группой людей) у себя, так и под внешним воздействием.

Мотивированность – состояние, характеризующее наличием у рассматриваемого человека (группы людей) рассматриваемых нами мотива и (или) мотивации.

Цель – модельное представление о нужной, желаемой в намеченном будущем реальности как о результате нашей активности и действия (влияния) учитываемых нами, не зависящих от нас факторов. В цель часто входит и представление о характере и особенностях трансформации в нее исходной ситуации. Цель игра-

ет важную роль в формировании и решении соответствующей ей СДЗ, но и сама в той или иной мере преобразуется в ходе формирования и решения этой СДЗ. В деятельности всегда имеет место иерархия целей, подчиненность частной цели более общей.

Побуждение – желание реализовать сформированную цель осуществлением адекватной (т.е. хорошо соответствующей цели) активности. В то же время особенности побуждения влияют на формирование цели. Сиюминутное, *ситуативное* побуждение формируется в результате формирования мотива как логического, эйдетического и эмоционального обоснования побуждения и понимания возможности соответствующего решения задачи. Долговременное, *трансситуативное* побуждение формируется как результат мотивации – долговременного, трансситуативного логического и эмоционального его обоснования – и понимания осуществимости соответствующей долговременной активности. Оно существенно адаптируется к ситуации, «модулируется» ею.

Значение объекта – осознанная его сущность и роль.

Смысл (личностный смысл) объекта – его личностное значение.

Активность – производимые человеком (группой людей) произвольно или непроизвольно изменения (или препятствие изменениям) во внешней или внутренней среде. В случае сознательной и подсознательной активности она (когда входит в деятельность) направляется мотивами, побуждениями и целями.

Деятельность – направляемая мотивацией, мотивами и долговременными трансситуативными побуждениями, осознаваемая (в основном, определяющем и направляющем) активность человека. Примеры: учебная, спортивная, трудовая, самосохранительная и т.п. деятельности.

5.4. Спортивная двигательная ситуация

Ситуация – не подлинная реальность, не ее часть, не внешние и/или внутренние реальные условия. Вообще ситуация не вещь, не материальна, она существует лишь как многоступенчатое *отображение* подлинной реальности, как производное от восприятий, образов, впечатлений, оценок – от *субъективных отображений* внешних факторов и личностных особенностей, т.е. мысленная модель этой системы.

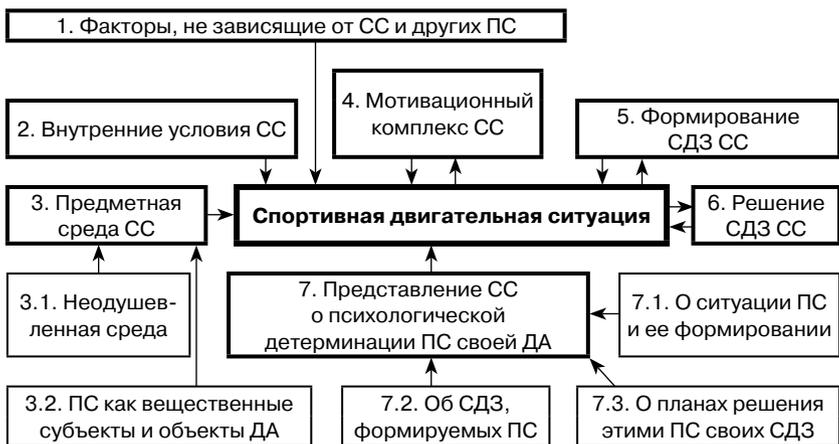


Рис. 2. Спортивная двигательная ситуация.

СС – субъект ситуации; СДЗ – спортивная двигательная задача;

ПС – позиционеры ситуации

Спортивная двигательная ситуация – мысленная модель сложившейся реальной спортивной двигательной обстановки и внутренних условий с учетом тенденций их развития. Ее компоненты показаны на рис. 2. На рис. 3 – формирование рефлексивных квазидвигательных задач (РКДЗ), являющихся результатом рефлексии субъектом собственной СДЗ. При рефлексии субъект учитывает свои представления о партнерах и противниках. Объектные (результат рефлексии намерений объекта) рефлексивные квазидвигательные задачи (ОРКДЗ) субъекта ситуации при кооперативно-конкурентной активности – результат рефлексии субъектом СДЗ объекта – противника или партнера.



Рис. 3. Формирование рефлексивных квазидвигательных задач

5.5. Формирование и иерархия целей

Формирование цели как модельного представления о желаемой будущей реальности, т.е. конечной ситуации решения задачи, а также и (очень часто, поскольку существуют правила; это полностью относится к спорту) о характере преобразования в нее исходной ситуации (предположительно «правильной» модели реальности, исходной в решении задачи), осуществляется под влиянием ряда факторов. Эти факторы: мотив, мотивация, эмоции, установка, убеждения, ситуация, учет своих возможностей. Причем названные факторы и сама цель влияют и друг на друга, участвуют в формировании друг друга (рис. 4). Конкретная цель может быть в одном ряду с другими целями, может и доминировать.

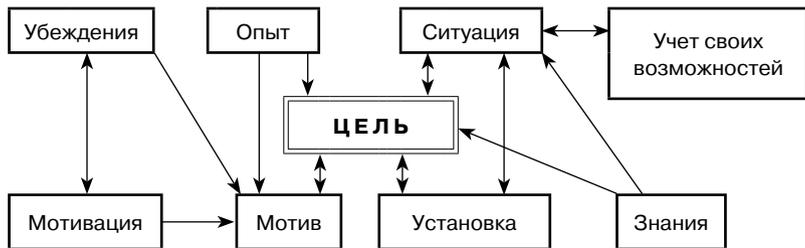


Рис. 4. Факторы, участвующие в формировании цели

Часто наряду с основной, принятой к актуализации целью имеются и «запасные» – на случай, если обстоятельства сложатся так, что основная цель недостижима или теряет актуальность. Цель и ситуация формируются в значительной мере взаимозависимо, и потому по ходу формирования задачи и ее решения могут по обстоятельствам в той или иной степени изменяться.

Всегда имеет место иерархия целей: доминирует общая цель (цели) деятельности, в которую, как в матрешку, «вложены» (одна в другую) цели разных по иерархическому уровню отдельных фрагментов деятельности. Самая «внутрилежащая» цель – цель решаемой субъектом в рассматриваемый момент простой задачи (в частности – СДЗ). Цель необходимо обосновывать не только желаниями, но трезвым оцениванием своих возможностей, а также соответствием разного рода вероятным потерям и выигрышам. Цель либо вырабатывается спортсменом самостоятельно, либо ему подсказана, либо навязана кем-то.

5.6. Спортивные двигательные задачи (СДЗ) и их решение

Наиболее простой (наименее сложный) фрагмент двигательной деятельности, включающий в себя деятельностно значимую цель – простая задача. Комплекс «формирование и решение простой задачи» – наименее сложный фрагмент деятельности (см. 5.11), содержащий в своем составе деятельностно значимую цель и активность, направленную на ее актуализацию, вообще содержащий все атрибутивные (критериальные) признаки деятельности. Поэтому логично считать этот комплекс *единицей деятельности*, а комплекс «формирование и решение простой СДЗ» – *единицей спортивной двигательной субдеятельности* (ее состав – на рис. 5, ее формирование – на рис. 6).



Рис. 5. Первое ветвление дерева СДЗ

На рис. 6 задающим назван мотив, являющийся логическим и эмоциональным обоснованием побуждения сформировать СДЗ в соответствии с некоторой целью. Наблюдаемая реальность – конкретное представление субъекта деятельности о реальности, опирающееся на то, что он сумел из нее извлечь и осознать. Формируется СДЗ недвижательными действиями (рис. 6), а ее решение – и недвижательными, и двигательными действиями (рис. 7).

Метапрограмма – программа, в соответствии с которой осуществляется контроль за актуализацией (реализацией в конкретных условиях) актуализационной программы. Оперативная часть метапрограммы реализуется в процессе двигательного решения СДЗ, она содержит: а) критерии оценивания расхождения восприятий и образов, возникающих в процессе реального решения СДЗ, с должными; б) критерии реагирования на эти расхождения; в) критерии оценивания произведенных коррекций; г) критерии оценивания хода решения СДЗ по ходу самого решения.

Отставленная часть метапрограммы реализуется уже после завершения решения СДЗ. Эта часть содержит критерии оценивания результата решения в контексте решения более общих задач и на этой основе – более тонкого деятельностного оценивания хода решения СДЗ и выполнения отдельных действий.

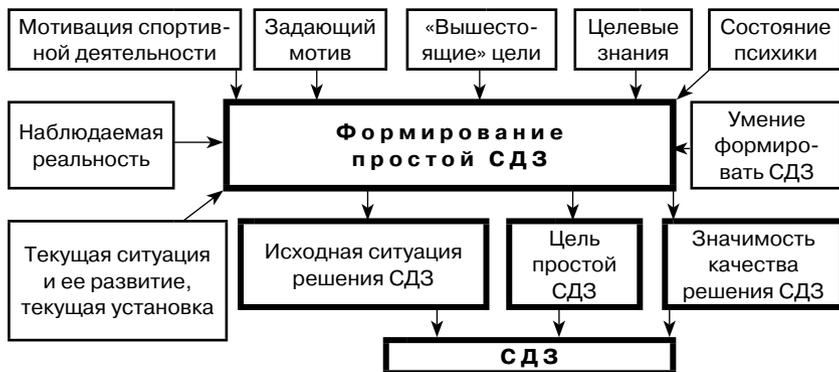


Рис. 6. Блок-схема процесса формирования СДЗ.

Блоками с тонкими границами и стрелками показаны учитываемые при формировании СДЗ факторы, блоками с жирными границами – формируемые компоненты СДЗ и СДД

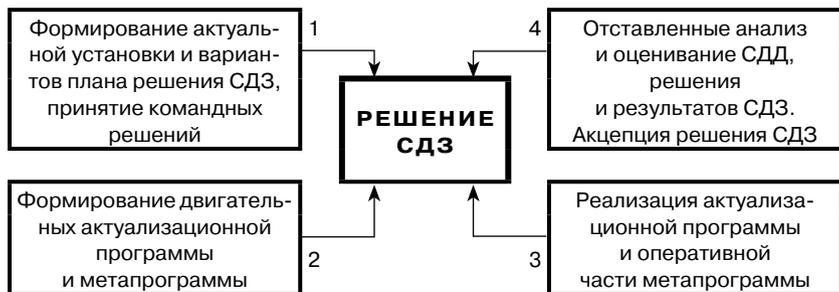


Рис. 7. Схема решения СДЗ.

Командные решения: 1) содержательное (какой план считать основным, какие – запасными), 2) таймерное (о моменте начала двигательной части решения). Двигательная метапрограмма – программа контроля за актуализацией актуализационной программы, адаптивных коррекций активности и оценок. Блок 3 – реализация этих программ: осуществление СДД с распознаванием, оцениванием и коррекцией отклонений от актуализационной программы. Блок 4 – осмысление и оценивание хода и результатов решения СДЗ после его завершения (а также его акцепция либо вывод о том, что задача не решена)

5.7. Спортивные двигательные навыки и умения

Вопрос о навыках и умениях – большое место в современной теории и практике физического воспитания и спорта. Между тем этот вопрос очень важен для них: ведь техническая подготовка как раз и заключается в формировании спортивных двигательных и недвигательных навыков и умений. Поэтому нужно определить-ся с этими понятиями и их взаимосвязью.

Во-первых, существует очень странное представление о том, что навык, как и умение, – это действие. Но что стоит за термином «действие»? Если это двигательный акт, т.е. процесс, то ведь навык и умение – не процессы, а центрально-нервный механизм: навык у человека есть, независимо от того, выполняет он целевое действие или нет. Если действие – это то, что нужно реализовать (т.е. схема процесса), то причем тут навык или умение: все мы знаем, какова схема двойного сальто (т.е. она имеется в нашем сознании), но далеко не у всех имеется соответствующий двигательный навык или умение.

Во-вторых, в общей психологии принято считать умение более высокой категорией, чем навык: умение включает в себя наличие некоторой совокупности целевых навыков плюс знания, таков основной смысл определений умения в психологических и энциклопедических словарях. Но 7 десятилетий назад появилось другое утверждение: умение – предшественник навыка, оно соответствует начальной стадии его становления, когда еще не достигнуты автоматизация и совершенство выполнения целевого действия. И отсюда вывод, что умение по мере его совершенствования и «автоматизации» переходит в навык, становится навыком. Правда, пока никто так и не сумел сказать, в какой же момент можно считать, что умение перешло в навык.

В-третьих, многие защищают мнение, будто навык обеспечивает совершенное выполнение соответствующего ему действия. Но если так, то почему приходится все время совершенствовать навыки, если они и так совершенны? Почему со временем представление о совершенном выполнении многих спортивных двигательных действий меняется, порой кардинально? Получается, что совершенство какое-то уж очень условное. К тому же часто говорят и о несовершенных навыках, которые нужно совершенствовать, а то и «переделывать». А еще: если у человека есть навык бега, но бежать нужно по жидкому горячему асфальту или у него

сломана нога – он может бежать? Значит, навык можно реализовать только при условии наличия нормативных для человека оперативных функциональных возможностей, а также нормативных внешних двигательных условий.

В-четвертых, утверждают, что важнейшее отличие навыка от умения в большей степени «автоматизации» (не объясняя, что понимать под «автоматизацией», в чем ее сущность).

Из перечисленного логично заключить, что стоит попробовать разобраться в этом вопросе и определиться в отношении навыков, умений и взаимосвязи этих понятий. Начнем с навыка, а лучше – со спортивного двигательного навыка.

Спортивный двигательный навык (СДН) – это фиксированный в организме управленческий механизм, позволяющий произвольно осуществлять спортивное двигательное действие (СДД) по некоторой схематически заданной системе телодвижений и движений (т.е. в соответствии с техникой этого СДД) – но только при наличии приемлемых для этого внешних условий и целевой достаточности оперативных («сиюсекундных») функциональных возможностей (эти факторы в состав СДН не входят).

Логично утверждать, что СДН (и вообще навык) – «неполная функциональная система» (имея в виду функциональную систему по П.К. Анохину): она не содержит механизма деятельностного оценивания всего действия, его компонентов и их взаимосвязей, результатов, но содержит все остальные ее компоненты. Навык «обслуживает» действия, осуществляемые по конкретной схеме (рис. 8), для которых он и был сформирован.



Рис. 8. Функциональный состав спортивного двигательного навыка.

Сп – способность, АДП – актуализационная двигательная программа

А спортивное двигательное умение должно обеспечить:

- осмысление и мысленное моделирование внутренних и внешних реальных условий и своих оперативных двигательных функциональных возможностей;

- спортивную целесообразность всего двигательного фрагмента, в который как компонент включен «обслуживаемый» умением двигательный фрагмент;

- формирование цели и адекватных ей и реальности исходной и конечной ситуаций этого двигательного фрагмента;

- формирование спортивной двигательной задачи (СДЗ), что включает в себя и формирование представления о значимости того или иного характера и совершенства хода и результата ее решения;

- способность удовлетворительно решить это СДЗ, для чего нужно: а) обладать набором двигательных и недвигательных навыков, достаточным для того, чтобы осуществлять ситуативно оправданный отбор СДД, нужных для решения СДЗ и в соответствии с нуждами решения СДЗ; б) обладать способностью сформировать и «спустить» в соответствующие этим СДД навыки дополнительные двигательные программы, адаптивные к решению СДЗ; в) обладать способностью взаимно координировать осуществление этих СДД; г) обладать способностью вносить по ходу решения СДЗ необходимые двигательные коррекции; д) оценивать ход решения СДЗ и его чисто двигательные и деятельностные результаты. Иными словами, СДУ должно обеспечивать адекватное спортивной реальности (с учетом ее конкретных ситуативных особенностей) удовлетворительное формирование и решение определенного круга «родственных» СДЗ.

Здесь перечислено не все, что входит в состав спортивного двигательного умения (СДУ), но и перечисленного достаточно для того, чтобы понять, насколько умение иерархически стоит выше навыка. В частности, умение должно содержать достаточный «ассортимент» двигательных и недвигательных навыков, только часть которых выбирается для решения задачи, для обеспечения осуществления действий, которыми оно реализуется (рис. 9).

Чтобы сформировать навык, человек должен неоднократно повторять действие, реализуя некоторую принятую им его схему. Чтобы сформировать умение, человек должен многое воспринять, осмыслить, искать и принимать всё новые решения, это всегда в чем-то творческий процесс.

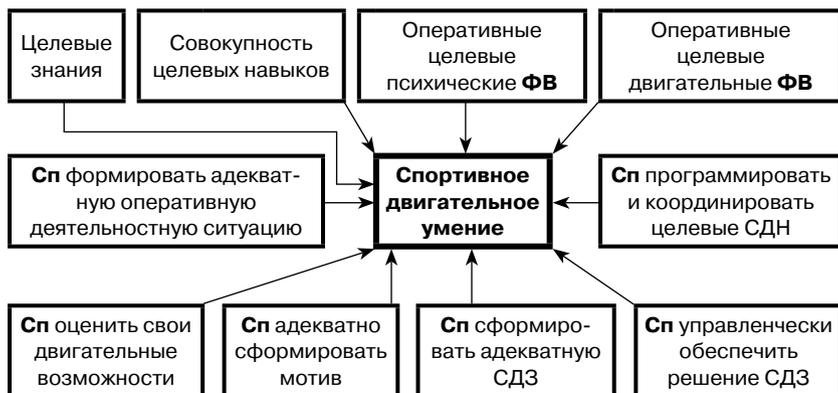


Рис. 9. Блок-схема состава спортивного двигательного умения.

Условные обозначения: **ФВ** – функциональные возможности,

Сп – способность

Вопрос непрост и чрезвычайно запутан многолетними научно некорректными наслоениями, поэтому рассмотрим его на примере умения волейболиста производить нападающий удар.

Что означает такое умение? Разве просто ударить по мячу? Нет, в такое умение входит многое, и в первую очередь: 1) навык пространственной экстраполяции (расчета) полета мяча, адресованного ему партнером, без чего нельзя определить место нанесения удара рукой по мячу; 2) навык временной экстраполяции этого полета мяча, без чего нельзя рассчитать момент удара, а значит и скорость перемещения к месту его нанесения; 3) навык экстраполяции движения своего тела к мячу с учетом намеченного момента времени и места удара по мячу рукой; 4) навык перемещения бегом или шагом к заданному месту; 5) навык наскока для прыжка; 6) навык прыжка вверх с расчетом прийти в нужное место пространства, сохранить устойчивость тела после удара, не переступить границу своей площадки; 7) навык определения (обычно путем экстраполяции) положения рук, блокирующих к моменту удара по мячу; 8) навык определения вероятного размещения игроков противника в момент, когда им нужно будет принять мяч; 9) навык нанесения прицельного удара по летящему мячу; 10) навык определения адекватной силы удара, избежав при этом касания рукой сетки. А еще нападающий должен вовремя определить, что мяч адресован ему.

Если этого «набора» нет в распоряжении спортсмена, у него нет умения выполнить нападающий удар. Потому что деятельность обеспечивается умениями, а навыки сами по себе обеспечивают только саму по себе активность, у них нет «целевого вектора»: направленности на актуализацию цели. Этот вектор придается им при рекрутировании их в актуализацию конкретного умения, т.е. если «подведомственные» этим навыкам действия «втянуты» в конкретную деятельность.

5.8. Спортивные двигательные ошибки, критические ситуации, их преодоление

Один из основных факторов снижения надежности – двигательные ошибки. Ошибки – категория субъективная, они имеют место не в самих действиях, а в их оценке: считать или не считать конкретное отклонение от намеченной схемы действий ошибкой или не считать – зависит от целого ряда факторов – от намеченной цели, от двигательной или спортивной ситуации, от состояния субъекта. В действиях могут быть двигательные отклонения от намеченной их программы. Но какие из них считать ошибками? Ведь ситуативную значимость отклонения можно определять по-разному. Иногда отклонение осуществляется специально, чтобы избежать более значимого отклонения. Иногда оно предназначено для дезориентации противника, иногда чтобы сгладить ошибку партнера. Кроме того, задуманные программы одного и того же фрагмента активности у разных людей (например, у субъекта активности и у наблюдателя) могут различаться, а значит и оценка его может быть различной. Причины ошибок показаны на рис. 10.

Последовательность осмысления СДО показана на рис. 11.

На рис. 12 показана «лестница» преодоления СДО: подъем на каждую ступеньку вверх – переход к другой стадии преодоления. Некоторые стадии-«ступени» можно на основе имеющегося опыта «перепрыгивать», т.е. обходиться без этой стадии.

Анализировать СДО можно, конечно, и без применения биомеханических знаний, на основе своего и переданного извне опыта. Но такой анализ часто оказывается ошибочным. Плохое знание биомеханических зависимостей тоже влечет к ошибкам.

Нередко, если СДО часто повторяется, некоторые ступени (рис. 11 и 12) можно «перепрыгнуть» («пропустить»).

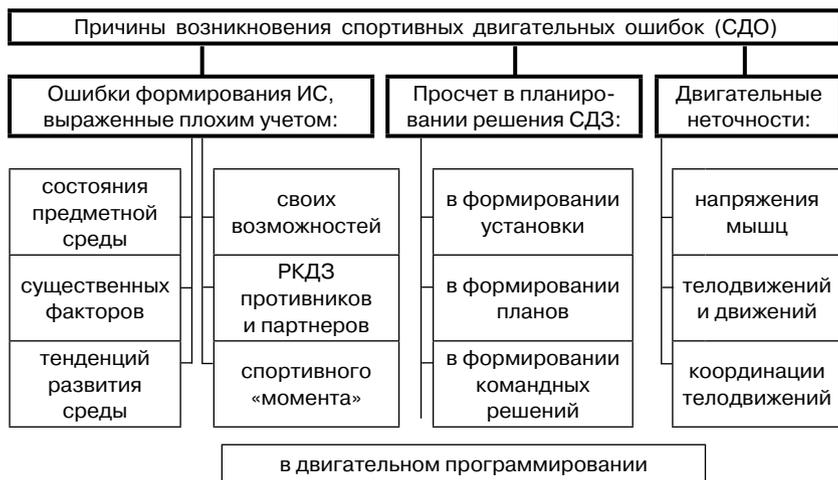


Рис. 10. Причины спортивных двигательных ошибок.
РКДЗ – рефлексивные квазидвигательные задачи, т.е. результат рефлексирования задач партнеров и противников («угадывания» их содержания и способов их решения)

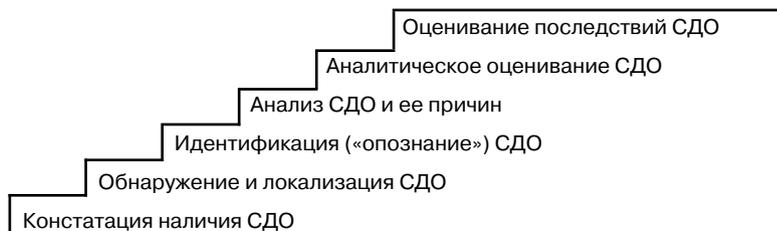


Рис. 11. «Лестница» осмысления спортивных двигательных ошибок

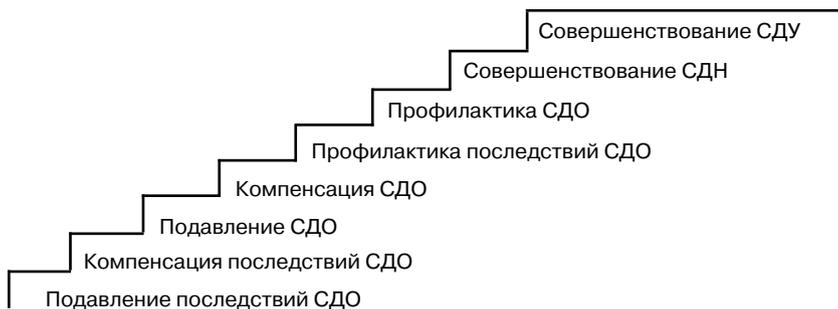


Рис. 12. «Лестница» преодоления спортивных двигательных ошибок

В телодвижениях и движениях могут иметь место *отклонения* от программы, сформированной субъектом или наблюдателем – это объективно. А спортивными двигательными ошибками (СДО) их могут считать лишь *субъективно*, в своих оценках. Основные причины возникновения СДО показаны на рис. 13.

Если СДО, по нашему мнению, имеет, имела, может иметь место с большей вероятностью, чем для нас приемлемо, – налицо *критическая ситуация (КС)*, которую нужно удовлетворительно разрешить. Для этого необходимо усилить внимание к работе по избавлению от СДО. Если она уже допущена, нужно стараться хотя бы ее минимизировать или ослабить ее последствия. А если СДО пока не допущена и лишь угрожает – то к ее предупреждению (профилактике) или принятию предварительных мер по ее ослаблению на случай, если она все же будет допущена.

Критические ситуации могут возникать и в случае неожиданного изменения условий (как внешних, так и внутренних). Нужно уметь вовремя замечать тенденцию к изменению условий и принимать соответствующие меры – в том числе пере-

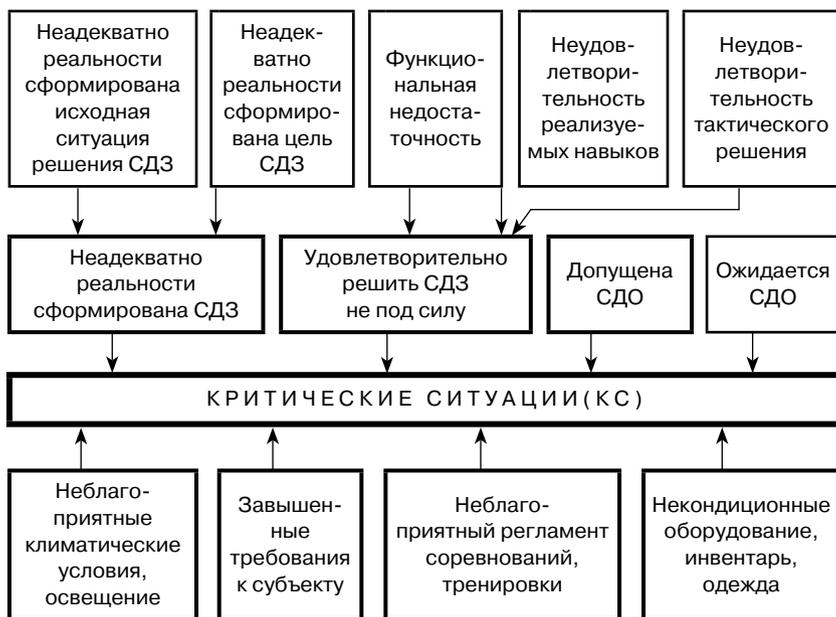


Рис. 13. Факторы, которые могут войти в состав критической ситуации

страивать программу своей активности таким образом, чтобы она позволила преодолеть критическую ситуацию с наименьшими потерями.

Умение своевременно заметить критическую ситуацию, тем более – своевременно заметить ее формирование, вовремя и правильно ее идентифицировать (опознать) и оценить, быстро и правильно реагировать на нее дается нужными для этого целевыми знаниями и опытом, а также нужными для этого психическими способностями. Такое умение во многом определяет надежность решения СДЗ. Значит, формирование этого умения входит в число важнейших задач спортивного совершенствования.

Возможные причины спортивных двигательных критических ситуаций (КС) показаны блок-схемами на рис. 13 и 14. Предупреждение возникновения («профилактика») КС и их преодоление имеют большое значение для решения СДЗ, а значит этому нужно специально обучать. В отличие от схемы на рис. 13, в схеме на рис. 14 показаны и пути преодоления критической ситуации, выхода из нее. Курсивом обозначены факторы-причины возникновения критической ситуации.

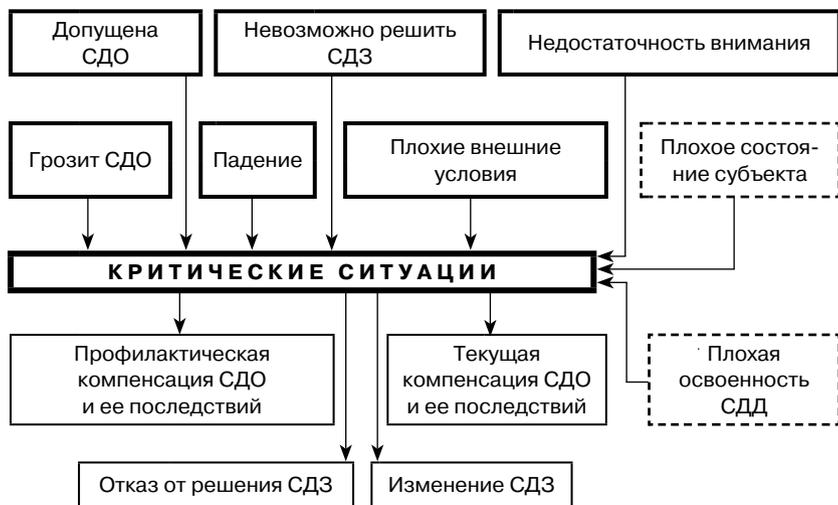


Рис. 14. Критические ситуации.

Содержание 6 верхних блоков – факторы-причины, способные непосредственно вызвать КС, 2-х блоков справа – факторы, способные спровоцировать факторы-причины, 4-х снизу – пути выхода из КС

5.9. Надежность решения СДЗ и ее обеспечение

Надежность решения СДЗ – вероятность удовлетворительно (удовлетворяющего субъекта ее оценивания) его осуществления при некоторых конкретно определяемых условиях в некотором конкретно определяемом будущем. Компоненты надежности решения СДЗ показаны блок-схемой на рис. 15.

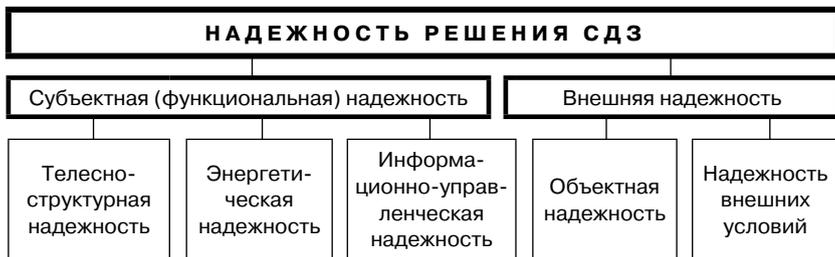


Рис. 15. Состав (первые 2 ветвления) надежности решения СДЗ

Здесь «субъектная надежность» – компонент надежности решения СДЗ, зависящий от субъекта, его возможностей, а «внешняя надежность» – компонент, от него не зависящий.

«Объектная надежность» – компонент внешней надежности, определяемый особенностями (с точки зрения надежности их осуществления) тех двигательных действий и их систем, которыми СДЗ решается. Внешние условия влияют на надежность решения двигательных задач постольку, поскольку могут даже очень существенно влиять на энергетические требования к функциональным возможностям спортсмена (некомфортная температура воздуха или воды, состояние льда или снега, нестандартность инвентаря и оборудования и т.д.) и на требования управленческого характера (недостаточная освещенность, свет в глаза, движущиеся тени, звуковые помехи, настроение зрительской аудитории, наличие или отсутствие поролоновых матов и страховки, и т.п.).

Для многих видов спорта характерна быстрая смена спортивной обстановки, а значит и спортивной ситуации. При этом даже небольшие отклонения осуществляемой двигательной активности от задуманной могут резко снизить вероятность успешности (эффективности) действий. Поэтому проблема увеличения отношения (в долях единицы или в %) удачных действий к общему их числу актуальна. В определенные моменты – например, в

конце спортивной игры, когда счет оказывается критическим, – даже одно удавшееся или неудавшееся действие решает очень многое, тогда как в начале игры значимость его значительно меньше. Требования к надежности двигательной активности по ее ходу могут меняться в широких пределах, что отражается на тактике и психологическом состоянии спортсменов.

Заслуживает серьезнейшего внимания и проблема обеспечения в процессе спортивной подготовки *умений действовать надежно*. Сказанное свидетельствует о значении проблемы надежности спортивной двигательной активности.

Надежность решения СДЗ – это вероятность того, что оно будет не хуже, чем это нас удовлетворяет. Надежность характеризует моторику в будущем, а эффективность – уже осуществленную. Однако вычислить надежность, пытаться ее количественно определить можно только обобщив эффективность достаточного по объему количества решений аналогичных СДЗ (с учетом условий, в которых это происходило и в которых, по нашему мнению, произойдет). При этом эффективность определяется точно и определенно, независимо от условий, это ведь констатация факта, тогда как надежность – приблизительно, с учетом предполагаемых условий и лишь вероятностно – это ведь прогноз.

Так что эффективность и надежность разные понятия: эффективность позволяет подводить итоги и анализ того, что уже произошло, а надежность позволяет лишь вероятностно предположить что будет (хотя, как уже сказано, критическим обобщением эффективности вычисляют надежность). Надежность выполнения двигательного задания – *интегративная функциональная характеристика*, системно обобщающая разные по характеру и значимости существенные факторы. Функциональная – значит характеризует отправление объектом рассматриваемой функции, а не сам объект: не игрока, а конкретной его функции, например, выполнения подачи. Характеристику «надежность» определяют применительно к отправлению *конкретным* объектом (их совокупностью) *конкретной функции*, к конкретным условиям (внешним и внутренним), к заданному конкретному *уровню нижней границы* допустимого качества отправления этой функции.

Помимо абсолютной надежности есть «*относительная надежность*», определяемая отношением двух сравниваемых абсолютных надежностей. Необходимо понимать различие между характеристиками (и понятиями) «надежность» и «стабильность».

Оценка надежности зависит от выбора *нижней границы* качества результата, удовлетворяющей субъекта активности. Совсем иное содержание характеристики «стабильность».

Во-первых, нужно четко различать принципиально разные характеристики: 1) *стабильность процесса* – характеристику степени сходства *хода СДД или решения СДЗ* в разных попытках; 2) *стабильность результата* как характеристику диапазона вариативности результата.

Во-вторых, характеристика «стабильность результата» не указывает на качество выполнения задания: регулярное пробегание 100 м за 13,0–13,2 с столь же стабильно, как пробегание за 10,0–10,2 с, а стабильность хода выполнения отнюдь не гарантирует стабильный (тем более – хороший) результат: в меняющихся условиях *нужна адекватная вариативность* выполнения, а безоглядная его стабильность чаще ведет к снижению результата.

Важно отметить, что субъектную надежность определяют *применительно к конкретному двигательному заданию*: многое ведь зависит от целевого резерва – превышения требований задания *целевыми* (для решения *рассматриваемой СДЗ*) функциональными возможностями субъекта.

Телесно-структурная надежность решения СДЗ определяется размерами, строением, инерционными, эластическими и прочностными характеристиками тела: длиннотными и инерционными параметрами тела и его звеньев, соотношением этих параметров, прочностью участков и элементов ОДА, доступным размахом суставных движений, состоянием тканей тела и основных соматических систем организма – притом все это применительно к запросам выполняемого (подлежащего выполнению) двигательного задания. Речь идет о некотором соответствующем *целевом резерве* в перечисленных компонентах, о превышении соответствующих возможностей над конкретными требованиями именно рассматриваемого задания. Следует различать *общую* телесно-структурную надежность (имея в виду весь ОДА «в целом», «в среднем») и *местную (локальную)* – имея в виду конкретные участки опорно-двигательного аппарата.

Энергетическая надежность решения СДЗ или выполнения двигательного задания (рис. 16), определяется целевыми (отнесенными к этому конкретному заданию) силовыми, скоростными и собственно энергетическими возможностями организма (способностью продуцировать энергию).



Рис. 16. Блок-схема состава энергетической надежности СДД

Информационно-управленческая надежность (рис. 17), включает части: общеинформационную, обеспечивающую формирование ситуации (обстановочная афферентация по П.К. Анохину), и собственно управленческую, обеспечивающую обратную связь и нужные двигательные коррекции.



Рис. 17. Схема информационно-управленческой надежности.

НС – нервная система, СДН и СДУ – спортивные двигательные навыки и умения

5.10. Развитие управленческих возможностей в СДА

В спорте это развитие осуществляется проведением всех сторон спортивной подготовки: физической, технической, тактической, психологической, теоретической. К сожалению, психологической и теоретической подготовкой обычно пренебрегают.

Физической подготовкой нужно обеспечить целевые (специальные и специфические) физические возможности спортсмена, не забывая про общую физическую подготовленность, необходимую каждому. Эффективное управление двигательной активностью неосуществимо, если нет именно ей соответствующей исполнительской базы – целевой физической подготовленности. Поэтому 1-й путь повышения возможностей субъекта в управлении двигательной активностью – повышение общих и специальных физических функциональных возможностей. Каждое двигательное действие или их системная совокупность требует наличия необходимого минимума целевых физических функциональных возможностей: уровней силы и относительного градиента силы соответствующих групп мышц, скоростных возможностей, выносливости, гибкости. Они должны хотя бы минимально отвечать *целевому функциональному запросу* задания – т.е. должно быть *функциональное соответствие*. Однако нужна еще и некоторая функциональная избыточность – *функциональный резерв*, необходимый для компенсации и преодоления неизбежных отклонений телодвижений и движений от запрограммированных, а также просчетов, допущенных в программировании действий.

Содержание технической подготовки – формирование специальных и специфических (относящихся к соревновательным упражнениям): а) двигательных навыков, обеспечивающих достаточную моторную управленческую функцию при произвольном осуществлении двигательных действий; б) двигательных умений, обеспечивающих произвольное адекватное реальности формирование и решение соответствующих этому умению спортивных двигательных задач (СДЗ); в) «попутное» развитие координированности как свойства организма, приложимого к самым разным двигательным заданиям (но все же с некоторым акцентом на двигательные действия определенного типа – в основном на задания данного вида спорта).

В процессе тактической подготовки спортсмен учится формировать на базе ранее сформированных умений блоки СДЗ и планировать как их выбор в соответствии с той или иной вероятной ситуацией, так и адаптацию к ней. Учится также планировать организацию двигательной активности на более значительные фрагменты деятельности. Целесообразно различать еще и микротактику: построение адекватного ситуации варианта СДД.

Цель психологической подготовки – снижение вероятности психологических помех управлению решением СДЗ, а также обучение оптимизации своего психологического состояния в соответствии с решаемыми задачами и ситуациями. Теоретическая подготовка дает знания, повышающие эффективность названных ранее видов подготовки и выступлений на соревнованиях.

Иначе говоря, развитие управленческих возможностей сводится к развитию как самой управляющей системы, так и исполнительских. Если ограничиться рассмотрением развития управляющей системы (механизмов нервной системы, управляющих осуществлением двигательной активности), то целесообразно выделить в них афферентные механизмы, обеспечивающие получение ощущений и преобразование их в восприятия и образы, и логические механизмы, обеспечивающие мышление. Афферентные механизмы обеспечивают получение как информации, нужной для формирования ситуации и ее изменений (обстановочная афферентация), так и информации обратной связи.

Развитие собственно управляющих механизмов можно, в общих чертах, свести к: 1) увеличению знаний: их целевого информационного фонда и его «окрестностей» – знаний из смежных областей, которые могут быть использованы непосредственно или косвенно через аналогии и логические умозаключения; 2) формированию соответствующих виду спорта умений (двигательных и недвигательных), включающее, конечно, формирование и «набора» навыков, нужного для разных вариантов актуализации умений, и способности их целесообразно рекрутировать и взаимно координировать.

Большое значение для эффективного управления двигательной активностью имеет способность управлять вниманием: добиваться в нужные моменты нужной степени его концентрации, способности в ходе выполнения заданий, характерных для данного вида спорта, сохранять требуемый уровень концентрации внимания. Это требует не только совершенствования соответствующих центрально-нервных механизмов, но и выработки специальных умений, овладения соответствующими этому требованию рациональными, точнее – целесообразными (рациональными с учетом особенностей субъекта и его оперативного состояния) способами управления вниманием. Во многих видах спорта это один из решающих факторов, обеспечивающих должный уровень надежности решения СДЗ и отдельных СДД.

5.11. Активность и деятельность

Понятия «активность» и «деятельность» существенно различаются, как различаются ткань, нитки, фурнитура от готовых швейных изделий. Деятельность определяется мотивацией и мотивами, она всегда целенаправленна, в соответствии с чем она вовлекает в себя (рекрутирует) активность тех видов (модальностей), часто принципиально различающихся между собой, которые субъект считает подходящими в данном случае.

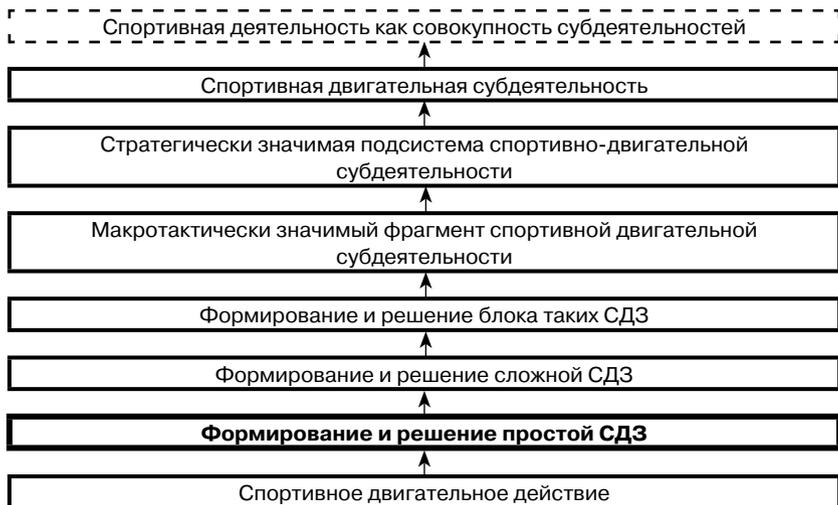


Рис. 18. Иерархия специальной спортивной двигательной субъектности

Иерархическая структура специальной спортивной двигательной субъектности представлена на рис. 18. Ключевой уровень – комплекс «формирование и решение простой СДЗ». Его следует считать «единицей» этой субъектности, поскольку он ее наиболее простой системно организованный фрагмент, который носит все ее атрибутивные черты.

Макротактикой связаны – транситуативно (проходя через все ситуации без учета их конкретики) по замыслу, но адаптивно конкретной ситуации (с нужными более или менее значительными поправками, уточнениями) – отдельные блоки двигательных задач. Стратегия определяет выбор макротактических решений в течение некоторого этапа деятельности, в смысловом отношении планируемого как заверченный.

❓ *Вопросы для самоконтроля*

1. В чем содержание дуализма активности и деятельности?
2. В чем сущность иерархии активности и деятельности?
2. Что такое рефлексия и какова ее роль?
3. Что такое ситуация?
4. Что такое мотив, мотивация, мотивирование, мотивированность?
5. Что такое и на основе чего формируются цель и побуждение?
6. Что такое активность и деятельность, каковы различия и взаимосвязь?
7. Что такое СДЗ, каковы ее состав и структура?
8. Как решаются СДЗ?
9. Что такое метапрограмма, какова ее роль?
10. Что такое навыки? Двигательные и недвигательные. В чем отличие предлагаемого представления от ныне распространенного?
11. Что такое умения? Двигательные и недвигательные. В чем отличие предлагаемого представления от ныне распространенного?
12. Как взаимосвязаны навыки и умения? В чем отличие предлагаемого представления от ныне распространенного?
13. Что такое двигательные ошибки, как их преодолевать?
14. Что такое критические ситуации, как их преодолевать?
15. Что такое абсолютная и относительная надежность СДД и решения СДЗ? Каковы ее состав и структура, как ее повышать?
16. Каково содержание управления двигательной активностью и как его совершенствовать?
17. Что такое и как взаимосвязаны активность и деятельность? Какова структура деятельности?

Лекция 6

ОСНОВЫ МЕХАНИКИ: ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИКИ И КИНЕМАТИКИ

План лекции

1. *Классическая механика как система.*
2. *Элементы статики.*
3. *Кинематические характеристики.*
4. *Законы движения.*
5. *Графики кинематических характеристик.*

6.1. Классическая механика как система

Воспринимаемая нами действительность очень сложна. Человечеству пока еще очень далеко до ее полного понимания, а вероятнее всего – никогда полного понимания не будет. Это совсем не повод вдаваться в мистику, но это диктует требование упростить (схематизируя, моделируя, идеализируя) представления о действительности до уровня, который позволит имеющимися в нашем распоряжении средствами создать достаточно хорошо (применительно к нашим потребностям) согласующуюся с опытом картину действительности, реальности.

Три столетия назад это сделал И. Ньютон, создав систему представлений, получившую впоследствии название классической механики. Для этого ему пришлось ввести упрощающие действительность основополагающие допущения (которые он, впрочем, вовсе не считал допущениями, а принимал за реальные законы природы). Что же за допущения, а следовательно, абстрактные, идеальные понятия он положил в основу механики?

1. Всю евклидову геометрию с ее идеальными объектами: однородным пространством, точкой (объектом без протяженности), линией и поверхностью (объектами без толщины), прямой, параллельными прямыми, перпендикуляром и т.д.

2. Понятия «масса» (мера инерционности материальной точки, системы точек), «материальная точка» (нет размера, но есть мас-

са), «*твердое тело*» как абсолютно твердое, не деформируемое: его точки под любыми воздействиями сохраняют взаимное расположение неизменным (форма тела неизменяема); *механическое взаимодействие* материальных точек и тел, осуществляемое фактором «*сила*» (мерой интенсивности механического действия одного тела на другое), определяемым модулем и направлением; *перемещение* (изменение положения точки или тела в пространстве); механическое *состояние* тела – количество движения (импульс тела, импульс), измеряемое произведением массы и скорости.

3. Пять принципов как постулаты (положения, принимаемые без доказательств, как некоторое условие построения системы):

1) *принцип однородности (гомоморфности) пространства*, гласящий: пространство одинаково во всех его точках, и потому во всех его точках законы механики одни и те же;

2) *принцип изотропности пространства*: оно одинаково во всех направлениях: законы механики в них действуют одинаково;

3) *принцип суперпозиции (независимого действия) сил*, гласящий: все силы, в какую бы систему они не входили, действуют независимо одна от другой, действие каждой из сил не меняется от действия других. Этот принцип фактически разрешает обращаться с силами и производными от них величинами как с векторами: геометрически суммировать, разлагать на составляющие;

4) *принцип независимости движений (принцип Галилея)*: простые скорости в составе сложного движения независимы одна от другой; это фактически позволяет оперировать скоростями и производными от них величинами как векторами: суммировать и разлагать на составляющие;

5) *принцип равномерности и однонаправленности времени*: скорость его течения неизменна и направлена из прошлого в будущее.

4. Три *основных закона механики* («законы Ньютона»). Они база, на которой строятся остальные законы, закономерности и зависимости механики. Их содержание будет изложено в следующей лекции, поскольку это законы динамики (динамика – раздел механики, посвященный причинам изменения движений и закономерностям связей этих изменений с их причинами), а речь о динамических характеристиках впереди.

Перечисленные упрощающие допущения позволяют удовлетворительно, без существенных ошибок разобраться в нашей очень

непростой материальной действительности, используя сравнительно простые зависимости и соотношения. Если отказаться от этих упрощений, анализ оказывается многократно более сложным, а часто и недоступным.

Классическая механика – механика абсолютно твердого тела (обычно говорят «твердого тела»): тела, которое не деформируется механическими воздействиями, точки которого не меняют своего взаимного расположения. Это идеализация, таких тел в природе не бывает, но ошибки в очень многих случаях несущественны или не очень существенны, зато кардинально упрощаются механические зависимости, а значит и решение задач механики применительно и к отнюдь не абсолютно твердым телам.

Классическая механика – стройная система представлений и средств их количественного оценивания, позволяющая решать множество задач, в том числе в спортивно-двигательной сфере. Законам, закономерностям и зависимостям механики подчиняются как неживые, так и живые тела.

6.2. Элементы статики

Статическими называют механические взаимодействия тел, неподвижных друг относительно друга, не изменяющие со временем взаимного расположения. Конечно, это некоторая условность, всегда в наличии деформации и вибрации, но часто ими можно пренебречь для упрощения решения задачи анализа или конструирования – иначе эти задачи окажутся для нас неоправданно трудными или даже неразрешимыми.

Целесообразно сразу рассмотреть операции с векторами, так как многие механические характеристики можно рассматривать как векторные величины и соответственно ими оперировать.

Различают скалярные и векторные механические величины и, соответственно, характеристики. Скалярные характеристики имеют только количественное значение (модуль): масса, время, путь, темп и др. Векторными являются характеристики, имеющие не только модуль, но и направление: сила, импульс силы, момент силы, скорость и ряд других. Почти все механические характеристики рассматриваются как *скользящие* векторы, только момент пары сил и его производная по времени рассматриваются как свободные векторы. (Свободные векторы можно, не изменяя их,

перемещать параллельно самим себе в любую точку пространства, скользящие – только по прямой, на которой они лежат.) Рассмотрим три варианта сложения векторов, лежащих в одной плоскости.

Пример статических взаимодействий. В центре сиденья табурета лежит 12-килограммовая гири. На каждую из 4 ножек приходится нагрузка 3 кгс, или $\approx 29,4$ Н (ньютон). Но если гири лежит не в центре, а в два раза ближе к одной паре ножек, чем к другой, вес распределится иначе: $2/3$ веса (8 кгс, или 78,4 Н) придется на более близкую от гири пару ножек (весом сиденья пренебрежем), на другую пару – $1/3$ веса гири, т.е. 4 кгс, или 39,2 Н: вес распределяется обратно пропорционально расстоянию вертикальной проекции точки приложения силы тяжести гири от опоры. Задача решается путем разложения силы тяжести гири на 2 параллельные составляющие (рис. 1, а).

Другой пример. Трос заделан концами в противоположные стены (рис. 1, б). Посередине к нему приложена сила F , направленная вертикально вниз (например, подвешен груз), под действием этой силы он провисает. Разложив силу F по линиям действия, совпадающим с участками троса, по правилу параллелограмма на силы f_1 и f_2 , «скольжением» перенесем эти векторы началом к точкам заделки троса в стены, обозначив их соответственно f'_1 и f'_2 . Они «выдергивают» трос из стен. Мы видим, что составляющие, на которые мы разложили силу F , оказались много больше ее самой: всё зависело от направлений, по которым мы силу разлагали.

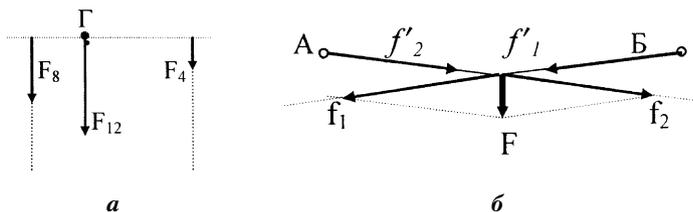


Рис. 1. Направления, по которым разложены силы, показаны пунктирной линией:

а – в точке Γ расположена гири, индексы при силах (F) показывают модуль каждой силы; **б** – сила F приложена к тросу, закрепленному в точках A и B ; f_1 и f_2 – составляющие силы F , полученные ее разложением на направления правой и левой частей троса; f'_1 и f'_2 – те же составляющие, перенесенные по их линиям действия к точкам A и B закрепления троса

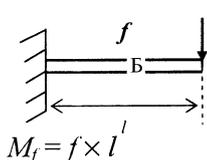


Рис. 2. К заделанной в стену балке в точке Б приложена сила f на расстоянии l от стены: l – плечо силы, $M_f = f \times l$ – ее момент относительно плоскости стены; M_f изгибает балку, его действие пропорционально расстоянию от точки Б

Еще пример (рис. 2). Если к заделанной в стену балке на расстоянии $l = 2$ м от места заделки приложена сила $F = 10$ кгс, то интенсивность вращающего действия этой силы – момент силы $M_F = F \times l = 10 \text{ кгс} \times 2 \text{ м} = 20 \text{ кгс} \times \text{м}$. Для разных точек балки изгибающий ее момент силы тем больше, чем больше расстояние этой точки от линии действия силы (прямой, по которой она действует, на которой лежит ее вектор). В данном случае он наибольший ($20 \text{ кгс} \times \text{м}$) у самой заделки, а на расстоянии 1 м от стены он равен $10 \text{ кгс} \times \text{м}$.

Если балка однородна и без изъянов, а приложенная к ней сила слишком велика для нее, она сломается у самой заделки. Если сила направлена не вертикально, то изгибающая сила равна вертикальной составляющей приложенной силы, умноженной на расстояние рассматриваемой точки (или сечения) балки от места приложения силы. Графически это отображается эпюрой момента M_F приложенной силы F (рис. 3, наклонная штрих-пунктирная линия): M_F линейно возрастает по мере удаления от точки приложения силы. Кроме того, во всех поперечных сечениях балки действует одинаковая сдвигающая сила, равная F (рис. 3, горизонтальная штриховая линия).

Для более полного понимания данной механической ситуации следует иметь в виду, что к балке в действительности приложена не одна, а две силы: F и F' (сила реакции опоры, в данном случае стены), связанные зависимостью $F' = -F$. Так что фактически имеет место момент пары (пары сил) $M_{FF'}$.

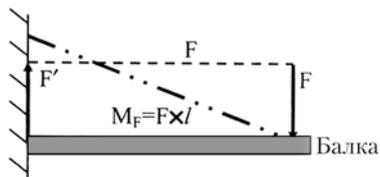


Рис. 3. Эпюры силы (F) и момента силы (M_F)

Как было сказано, силы отображаются векторами, сила и все производные от нее понятия – *векторные характеристики*. Временные характеристики в статике отсутствуют.

6.3. Кинематические характеристики

Начнем с определений поступательного и вращательного движений твердого тела как системы неподвижно взаимосвязанных материальных точек. Любое движение одной точки можно представить и как поступательное, и как вращательное движение.

Существуют два равноправных определения поступательного движения тела: 1) это движение, при котором в каждый момент времени все его точки имеют одинаковые (по величине и по направлению) скорости; 2) это движение, при котором прямая, проходящая через любые две точки тела, в каждый момент времени перемещается параллельно самой себе.

Для вращательного движения тоже два определения: 1) это движение, при котором в каждый момент времени угловые скорости радиусов-векторов всех точек тела с началом на оси вращения имеют одинаковые (по величине и направлению) угловые скорости; 2) это движение, при котором в каждый момент времени все точки тела (кроме лежащих на оси вращения) перемещаются по дугам окружностей с центрами на этой оси.

Кинематика – раздел механики, в котором рассматривается «внешняя» сторона движений точки и тела, то, что можно наблюдать и измерять, не зная (не рассматривая) причин изменения движений. Кинематические характеристики – физические величины, которыми описывают разные стороны движений вне зависимости от причин, заставляющих их меняться. Можно разделить эти характеристики на три группы: пространственные, временные, пространственно-временные.

Пространственные характеристики

Введем понятие «система координат». Это геометрическое построение, позволяющее определить положение любой интересующей нас точки (К) в пространстве. Существует несколько наиболее употребительных систем координат. Мы будем пользоваться только прямоугольной системой (декартовой) – плоской (двухмерной) и пространственной (трехмерной) – и двухмерной полярной (трехмерная сложна в использовании, и в нашем курсе не

рассматривается). Они показаны на рис. 4, а, б и в. В прямоугольной системе координат (рис. 4) ось X называется осью абсцисс, ось Y – осью ординат, ось Z – осью аппликат. Координатой точки называется расстояние от начала системы координат (0 по каждой из осей) до прямоугольной проекции этой точки на соответствующую ось координат. Прямоугольные проекции точки K получают, опуская из нее перпендикуляры на оси X , Y , Z . Соответственно координаты этой точки x_K, y_K, z_K . В полярной системе координат P – полюс (начало координат), R – радиус-вектор точки; координаты точки K здесь длина радиуса-вектора (R) и величина угла φ между R и лучом (на рисунке он горизонтален, но это не обязательно), от которого ведется отсчет угла.

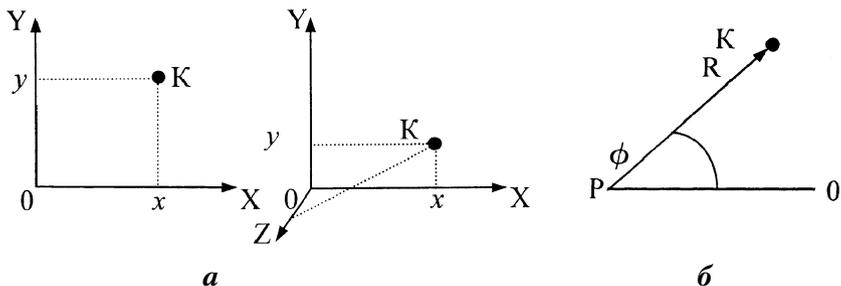


Рис. 4. Система координат:
а – прямоугольная; **б** – полярная

Поскольку система координат это лишь геометрическое построение, т.е. нечто бесплотное, существующее в мыслях, к этой системе нельзя реально приложить линейку для измерения. Поэтому нужно «прикрепить» ее к твердому телу, которое при этом становится *телом отсчета*.

Необходимо заметить, что независимой переменной (ее значения откладываются на оси абсцисс) может быть не только время, а любая величина, например, путь, местоположение, масса спортсмена, скорость, температура среды и т.д. Но даже не обязательно физическая величина: это могут быть порядковые номера тренировок, соревнования, настроение, типовые ситуации и пр.

Координата точки: 1) в линейной системе координат – расстояние ортогональной (прямоугольной) проекции точки на одну из осей координат от начала координат (x, y, z); 2) в полярной сис-

теме это линейная координата – длина радиуса-вектора точки (r), а также угловая координата – угол φ между нулевым лучом и радиусом-вектором.

Разность координат – расстояние между точками А и Б, вычисляемое по разности их координат, например $(x_2 - x_1)$. В прямоугольной системе координат для вычисления расстояния между двумя точками используется теорема Пифагора: это расстояние в плоской системе координат $l = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$, а в пространственной $l = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$. В полярной – разности модулей радиусов-векторов и углу между ними.

Расстояние точки от линии или плоскости определяется длиной опущенного на них из этой точки перпендикуляра. Угловые расстояния измеряются углами между осями тел или между положениями одной и той же оси тела в разные моменты времени.

Значение диаметра (D) – длина отрезка прямой, проходящей через центр окружности и соединяющего две ее точки, т.е. расстояние между противоположными точками окружности.

Значение радиуса (R) – расстояние от центра окружности до любой ее точки, т.е. длина отрезка прямой, соединяющего центр окружности с любой ее точкой (она не зависит от выбора точки).

Перемещение (d) – векторная характеристика изменения положения точки: вектор с началом в исходной точке ее положения и концом в конечной точке ее положения. Перемещение определяется модулем и направлением, это векторная величина. Угловое перемещение измеряется плоским углом между конечным и начальным положением оси тела или плоским углом между радиусами-векторами исходной и конечной точек.

Траектория – след движущейся точки.

Путь (S) – скалярная характеристика изменения положения точки, это пройденное точкой расстояние, измеренное по ее траектории. Путь численно равен перемещению только при движении по прямой, а во всех других случаях путь больше перемещения. В плоском вращении путь (и перемещение) измеряется углом поворота оси тела или радиуса-вектора рассматриваемой точки.

Несистемные характеристики: длина, ширина, высота, толщина, пространственный интервал, пространственные частота и ритм (последние две характеризуют расположение совокупности точек или тел в пространстве).

Временные характеристики

Момент времени (t_i) – координата события на оси времени. Здесь временная координата – временной интервал между моментом времени, принятым за начало отсчета времени, и рассматриваемым моментом времени.

Временной интервал ($t_2 - t_1$) – промежуток времени между двумя событиями, т.е. между двумя моментами времени (разность координат на оси времени).

Длительность (продолжительность) (t или Δt) – временной интервал между начальным и конечным моментами рассматриваемого явления или процесса.

Частота (η), **темп** (T) – среднее количество рассматриваемых циклов телодвижений или движений (часто не вполне корректно имеют в виду не циклы, а отдельные телодвижения или движения) в расчете на единицу времени ($T = n : t$).

Ритм (временной) – отношение длительностей частей системы процессов, в частности системы телодвижений или движений.

Фаза – время, в которое протекает рассматриваемая часть системы телодвижений и движений, ограниченная либо определенными позами, либо определенными значениями параметров.

Период – объединение (по какому-то признаку) двух или более последовательных фаз. В зависимости от потребностей анализа, можно рассматривать как одну фазу то, что в другом случае называют периодом, т.е. различие между периодом и фазой условно.

Пространственно-временные характеристики

1. Скорость – векторная характеристика, показывающая как быстро изменяется положение точки, а значит и ее путь или перемещение. Различают скорости:

– **линейную**: 1) **среднюю** ($v_{cp.}$): а) **путевую** – частное от деления пути на время его преодоления, измеряется в м/с; б) **переместительную** – частное от деления модуля вектора перемещения на время, за которое оно произошло, измеряется в м/с; 2) **мгновенную** (v_t) – производную от пути или перемещения по времени (dx/dt); измеряется в м/с;

– **угловую**: 1) **среднюю** ($\omega_{cp.}$) – частное от деления угла поворота на время, за которое он осуществлен; измеряется в град/с или рад/с; 2) **мгновенную** (ω_t) – производную от угла поворота по времени ($\omega_t = d\phi/dt$). Вектор угловой скорости приложен началом к центру вращения перпендикулярно его плоскости так, что если

вращение направлено против часовой стрелки, конец вектора «смотрит» на нас (скорость положительна), по часовой стрелке – в противоположную сторону, т.е. скорость отрицательна.

Ускорение – векторная характеристика, показывающая, как быстро изменяется скорость. Различают (аналогично скоростям):

– *линейное* ускорение: 1) *среднее* (a_{cp}) – частное от деления изменения скорости на время этого изменения: $a = (v_2 - v_1) : t$; измеряется в м/с^2 ; 2) *мгновенное* (a_t) – производная от скорости по времени: $a_t = dv/dt$; измеряется в м/с^2 ;

– *угловое* ускорение: 1) *среднее* (ε_{cp}) – частное от деления изменения угловой скорости (произошедшего за рассматриваемое время) на это время: $\varepsilon_{cp} = \Delta\omega/t$; 2) *мгновенное* (ε_t) – производное от угловой скорости $d\omega/dt$.

Производная от ускорения по времени: производная от линейного ускорения (da/dt) и производная от углового ускорения ($d\varepsilon/dt$). Эти величины интересны, поскольку они пропорциональны приложенным к телу *скорости изменения*, соответственно, силы и момента силы, что существенно при анализе техники двигательных действий. Своего названия характеристика не имеет (напомним: производное какой-либо величины по времени – это мера скорости изменения этой величины).

6.4. Законы движения

Закон движения – уравнение, позволяющее определить положение точки в любой заданный момент времени.

Равномерное движение – движение с неизменной (постоянной) скоростью, линейной (поступательное движение) или угловой (вращательное движение). Уравнения следующие:

$$S = v \times t,$$

где S – путь и v – скорость в поступательном движении;

$$\varphi = \omega \times t,$$

где φ – угол поворота (вращательное движение), ω – угловая скорость, t – время (продолжительность) движения.

Конечно, в точности равномерного движения в реальности не бывает, скорость сохраняется неизменной только приблизительно, так как все тела подвержены действию различных сил. Но если

отступления от равномерности движения для нас пренебрежимо малы, мы такое движение считаем равномерным.

Приведем примеры. Мы с тем или иным уровнем допущений считаем равномерными: 1) поступательные движения (линейные скорости) горы во вращении Земли вокруг своей оси, центра масс спринтера на сороковом–пятидесятом метрах дистанции, горизонтальной составляющей полета легкоатлетического ядра; 2) вращательные движения (угловые скорости) Земли в ее вращении вокруг своей оси, тела гимнаста или батутиста в фазе полета при выполнении двойного сальто назад прямым телом, легкоатлетического диска в полете.

Равномерно-переменное (равнопеременное) движение – это движение с неизменным ускорением, т.е. скорость меняется равномерно. Уравнения движения: поступательного $S = v_0 \times t + at^2/2$; вращательного $\varphi = \omega_0 t + \varepsilon t^2/2$. В том случае, если исходная или конечная скорость равна 0, уравнения проще: $S = at^2/2$ и $\varphi = \varepsilon t^2/2$. При свободном движении ускорение свободного падения обозначают символом g (на нашей широте $g \approx 9,81$ м/с²), и уравнение движения имеет вид $H = v_0^2/2g$, где H – высота подъема или падения. При подъеме g отрицательно (направлено противоположно скорости), при падении – положительно.

Примеры поступательного равнопеременного движения: вертикальная составляющая движения тела батутиста или легкоатлетического ядра вверх или вниз в фазе полета. Пример вращательного движения: замедляющееся вращение маховика по инерции под действием силы трения оси в подшипниках. Более сложные виды движения нами здесь не рассматриваются, иногда их условно рассматривают как равнопеременные.

Типичным и важным для анализа спортивных двигательных действий является случай свободного (безопорного) падения или подъема тела. Он подчиняется закону поступательного равнопеременного движения, поскольку ускорение свободного падения близко к поверхности Земли (в пределах десятков км) g практически неизменно и на нашей широте $\approx 9,81$ м/с². Если тело получает вертикально вверх направленную скорость, оно поднимется на высоту $h = v_0^2/2g$. Если же тело при нулевой исходной вертикальной составляющей скорости начинает свободное падение, его конечная скорость вычисляется по той же зависимости, только преобразованной: $v^2 = 2gh$, или $v_0 = \sqrt{2gh}$.

6.5. Графики кинематических характеристик

В классической механике графиками называют отображение зависимостей между теми или иными механическими характеристиками в двухмерной или трехмерной системах координат. Рассмотрим здесь только двухмерные графики. В физическом воспитании и спорте обычно рассматривают графики зависимости механических характеристик от времени, где время независимая переменная, независимая характеристика, шкала значений которой расположена на оси абсцисс. Соответственно шкала значений зависимой переменной (характеристики) расположена на оси ординат. Примерные графики показаны на рис. 5.

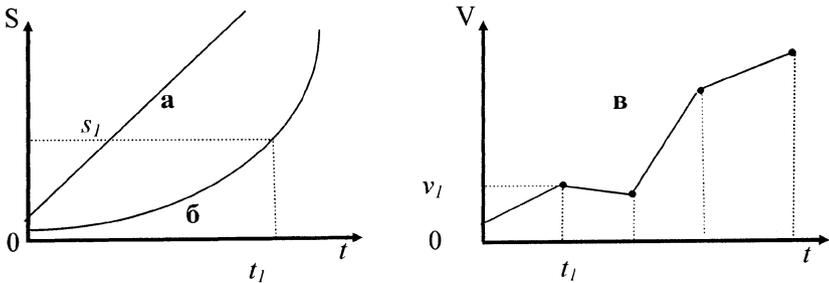


Рис. 5. Графики: **а** – равномерного, **б** – равномерно-переменного (равнопеременного) движения; **в** – график скорости, построенный по ее значениям в 5 выбранных моментах времени, обозначенных на оси абсцисс.

На всех трех графиках тангенс угла наклона кривой к оси абсцисс (т.е. отношение $\Delta y : \Delta x$, откуда, соответственно, $\Delta S/\Delta t$ и $\Delta V/\Delta t$ в каждый момент времени равен производной рассматриваемой величины по времени (соответственно dS/dt и dv/dt))

Чтобы определить значение зависимой переменной в каждый момент времени, нужно из точки на оси абсцисс, соответствующей этому моменту t_1 , поднять перпендикуляр до пересечения с кривой графика, затем из полученной точки кривой опустить перпендикуляр на ось ординат, получив тем самым искомое значение s_1 . Можно поступить наоборот, чтобы определить значение независимой переменной по заданному значению зависимой.

❓ **Вопросы для самоконтроля**

1. Каковы основы и сущность классической механики?
2. Каково содержание пяти принципов классической механики?
3. Что такое статические механические взаимодействия?
4. Что такое система координат, оси координат, координаты?
5. Что такое тело отсчета?
6. Что такое векторные величины (характеристики), как суммировать векторы на плоскости?
7. Каково содержание пространственных характеристик?
8. Как определяют поступательное и вращательное движения?
9. Каково содержание временных характеристик?
10. Каково содержание пространственно-временных характеристик, как они соотносятся?
11. Каковы законы равномерного и равномерно-переменного (равнопеременного) движений?
12. Что такое графики, как ими пользоваться?

ОСНОВЫ МЕХАНИКИ: ЭЛЕМЕНТЫ ДИНАМИКИ

План лекции

1. *Инерционные характеристики.*
2. *Силовые характеристики.*
3. *Энергетические характеристики.*
4. *Основные принципы и законы механики.*
5. *Другие зависимости классической механики.*

7.1. Инерционные характеристики

Инерция – атрибутивное (критериальное, неотъемлемое, характеристическое) свойство материи. Два основных свойства инерции: 1) нельзя мгновенно изменить скорость тела ни в сторону увеличения, ни в сторону уменьшения, для этого необходимо приложение силы в течение некоторого времени, тело как бы сопротивляется приложенной к нему силе; 2) если тело *A* воздействует на тело *B* с некоторой силой, тело *B* в силу свойственной ему инерции «отвечает» воздействием на тело *A* силой, такой же по величине и противоположной по направлению (согласно 3-му закону механики). Применительно к конкретному телу целесообразно говорить не об его инерции, а об его *инерционности*.

Характеристика и мера инерционности в поступательном движении тела – его масса (*m*). Чем она больше, тем труднее изменять его скорость. Другая инерционная характеристика тела в его поступательном движении – положение (координаты) центра масс (ц.м.) этого тела. Ц.м. тела – это геометрическая точка (точка не тела, а геометрического пространства), которой присвоена масса этого тела. Координаты общего центра масс тела (о.ц.т.т.):

$$x = \Sigma m_i x_i / \Sigma m_i \quad \text{и} \quad y = \Sigma m_i y_i / \Sigma m_i,$$

где *x*, *y* – координаты о.ц.т.т. соответственно по осям абсцисс и ординат, *m_i* – масса *i*-той точки тела, *x_i* и *y_i* – ее координаты.

Движение центра масс тела отображает поступательное движение тела (его поступательную составляющую).

Раньше выделяли еще одну инерционную характеристику: *центр инерции* (его положение совпадает с положением центра масс). Свойство центра инерции: приложение к телу силы, линия действия которой проходит через его центр инерции (центр масс), изменяет только поступательное движение этого тела, не влияя на вращательное движение (напомним, линия действия силы – прямая, по которой действует сила). В настоящее время возобладала тенденция к объединению понятий «центр масс» и «центр инерции» в одно: *центр масс (ц.м.)*. Еще одна важнейшая особенность центра масс, которую необходимо учитывать: в безопорном состоянии вращение тела всегда происходит вокруг оси, проходящей через него (ее называют центральной осью).

Применительно к вращательному движению к инерционным характеристикам относят *момент инерции (I)* и *радиус инерции (R_i)*. Момент инерции материальной точки, вращающейся вокруг не проходящей через нее оси, вычисляют по формуле $I = mr^2$, а момент инерции тела – по формуле $I = \sum m_i r_i^2$. В плоском вращении различают момент инерции относительно центральной оси ($I_{ц}$) и относительно других (не центральных) осей (I_o), который всегда больше $I_{ц}$. Формула Штейнера–Гюйгенса связывает момент инерции тела ($I_{ц}$) относительно центральной оси (оси, проходящей через его центр масс), с моментом инерции (I_o) этого тела относительно любой другой оси (O), *параллельной* этой центральной оси: $I_o = I_{ц} + mL^2$, где L – расстояние между этими осями.

Радиус инерции – это величина, определяемая квадратным корнем из частного от деления осевого момента инерции тела (I_o) на его массу (m), т.е. $R = \sqrt{I_o/m}$. Все моменты инерции тел не перечислить. Поэтому значения радиусов инерции для тел разных формы и расстояний оси вращения от центра масс сводят в таблицу, и по этим значениям, выбирая соответствующие форме и размерам интересующего нас тела, умножаем эти значения на его массу, получаем значение его момента инерции.

7.2. Силовые характеристики

Вслед за каждой характеристикой поступательного движения будем рассматривать соответствующую характеристику вращательного движения.

Сила (F) – это: 1) механическая характеристика, т.е. обозначение понятия о самом по себе явлении наличия некой интенсивности механического воздействия одного тела на другое; 2) количественная мера интенсивности механического действия одного тела на другое, конкретное значение этой характеристики. Особый случай – *центральная сила*: ее линия действия проходит через центр масс, поэтому она изменяет только поступательное движение тела, не влияя на вращательное. Другой особый случай – *пара сил*: две равные по модулю антипараллельные, т.е. направленные по параллельным линиям действия в противоположные стороны, силы. У этой системы сил (вместо «пара сил» часто говорят просто «пара») нет равнодействующей, и она изменяет только вращательное движение, никак не влияя на поступательное.

Сосредоточенная сила – сила, приложенная к точке. Это вообразимые силы: равнодействующая системы сил, сила инерции по Даламберу, сила Кориолиса, силы при рассмотрении взаимодействий материальных точек. Часто как сосредоточенные рассматривают силы, приложенные к небольшой поверхности или небольшому объему, если для упрощения расчетов можно пренебречь допускаемой при этом ошибкой.

Поверхностно распределенная сила – сила, приложенная к некоторой площади поверхности тела (равнодействующая сил, приложенных к точкам этой площади). Таковыми являются все реальные *контактные* силы, возникающие при механическом контакте тел.

Пространственно (объемно) распределенные силы – это все реальные *дистантные*, действующие на расстоянии силы – например, силы тяготения.

Момент силы (M_f) – это тоже и характеристика, и ее конкретное количественное значение. 1) Момент силы как характеристика – это название меры интенсивности вращающего действия силы как фактора, т.е. само понятие о нем. 2) Момент силы как мера интенсивности ее вращающего действия – это конкретное количественное значение интенсивности вращающего воздействия одного тела на другое, равное произведению значения (модуля) силы и ее *плеча*. Плечо силы – расстояние от оси вращения до *линии действия силы*, т.е. до прямой, по которой направлена сила. Измеряется длиной перпендикуляра одновременно и к оси вращения, и к линии действия силы. M_f играет во вращательном движении ту же роль, что сила для поступательного движения.

Пара сил (F_1F_2) – две силы, равные по величине и противоположно направленные по параллельным линиям действия. Это особый случай системы сил: у нее нет равнодействующей, и потому интенсивность ее воздействия на тело, к которому приложены силы, равна нулю, т.е. ее приложение не изменяет поступательного движения тела. Однако суммарная интенсивность вращающего действия сил пары (момент пары) не равно нулю, поэтому их приложение меняет вращательное движение (подразумевается приложение в течение какого-то времени).

Момент пары (пары сил) ($M\downarrow\uparrow$). Это и характеристика, и количественная мера интенсивности вращающего действия пары, ее количественное значение, т.е. количественное значение *вращающего момента* (обобщающее название момента силы, момента пары сил, суммарного момента многих сил, т.е. фактора интенсивности вращающего воздействия на тело системы сил, безотносительно к количеству этих сил). $M\downarrow\uparrow = F \times L$, где F – любая из сил пары, L – расстояние между линиями действия сил пары (это расстояние называют плечом пары). Момент пары сил равен сумме моментов обеих этих сил относительно любой общей для них оси. Напомним, момент пары – единственная механическая характеристика, отображаемая свободным вектором: его можно перемещать не только по прямой, на которой он лежит, а началом к любой точке, лишь бы сохранялись модуль этого вектора и его направление.

Приложить к телу силу или момент силы можно только в течение какого-то времени, иначе нет механического действия.

Импульс силы (L) – термин, тоже означающий и характеристику воздействия на тело, и ее конкретное количественное значение. Количественно определяется как $\int f dt$, условно же, как бы считая что $F = const$, его обозначают Ft (м.е. $F \times t$), где F – приложенная к телу сила, t – продолжительность (длительность, время) ее приложения. Жирными (либо надчеркнутыми) символами обозначают векторные характеристики). Приложение импульса силы (меры действия силы в течение некоторого времени) к телу меняет его поступательную скорость (увеличивая или уменьшая ее, меняя ее направление).

Момент импульса силы (M_Ft) – тоже и характеристика, и ее количественное значение. Это мера воздействия вращающего момента на тело, к которому он приложен, в течение рассматриваемого времени. M_Ft во вращательном движении играет ту же роль,

что импульс силы в поступательном движении, т.е. изменяет угловую скорость тела.

Равнодействующая системы сил (F_R) – воображаемая сила, которая воздействует на тело так же, как вся рассматриваемая система сил, которую поэтому можно заменять равнодействующей во многих расчетах.

Вращающий момент, суммарный вращающий момент, главный момент (ΣM_i) – воображаемый момент сил, равный геометрической (векторной) сумме моментов всех приложенных к рассматриваемому телу сил. Им можно заменять в расчетах всю систему приложенных к телу моментов сил (напомним, что момент пары – это сумма моментов составляющих ее сил).

Система «главный вектор (ΣF_i) – главный момент (ΣM_j)». Любую систему сил, приложенных к рассматриваемому телу, можно привести к виду «главный вектор – главный момент» для любой выбранной точки этого тела. При представлении системы сил в таком виде становится очевидным определяемое главным вектором воздействие на поступательное движение тела (его линейное ускорение $a = \Sigma F_i/m$) и, если выбрана точка C (для плоского движения – ось вращения) приложения главного вектора, относительно которой определяется главный момент, определяется и вращающее действие данной системы сил ($\omega = \Sigma M_j/I_C$). Иными словами, главный вектор и главный момент определяют линейное и угловое ускорения тела, к которому приложена система сил. Изменение выбора точки приложения главного вектора ведет к изменению главного момента.

Производная силы по времени или по координате ($dF/dt, dF/dx, dF/d\varphi$) – характеристика и мера скорости изменения силы во времени или в пространстве. Эта характеристика (или мера) интересна потому, что она пропорциональна изменению ускорения (если масса тела неизменна).

Производная вращающего момента по времени или по координате ($dM/dt, dM/dx, dM/d\varphi$) – характеристика и мера скорости изменения вращающего момента во времени или в пространстве. Она пропорциональна изменению углового ускорения (если момент инерции тела неизменен).

Силы тяготения, гравитация. Это силы, возникающие между двумя материальными точками, они равны гравитационной постоянной (G), умноженной на произведение масс этих точек, поделенное на квадрат расстояния между ними:

$$F_T = G \times m_1 \times m_2 / L^2,$$

где F_T – сила тяготения, G – гравитационная постоянная, которая равна $6,67 \times 10^{-11} \text{Н} \times \text{м}^2 / \text{кг}^2$, m_1 и m_2 – взаимодействующие материальные точки, L – расстояние между ними, H – обозначение единицы силы «ньютон». Гравитация – свойство материи, выражающееся во взаимном притяжении масс. Расстоянием между телами, которое много больше их размеров, считается расстояние между их центрами масс.

Сила тяжести тела. Сила, с которой Земля это тело притягивает. Это равнодействующая сил притяжения Землей всех его материальных точек. Принимают, что сила тяжести тела приложена к его центру тяжести. Следует различать силу тяжести тела и его вес: вес – это сила воздействия тела на опору («на весы»), и если опора ускоряется в направлении действия силы тяжести – вес меньше, чем она, если против силы тяжести – вес больше нее (пример: вес тела в лифте в начале движения вниз или вверх меняется, а сила тяжести неизменна). У тела в безопорном состоянии вес равен нулю, а сила тяжести у него такая же, как и в опорном статическом состоянии.

Центр тяжести тела. Геометрическая точка (точка пространства, а не самого тела), к которой, как принято считать, приложена сила тяжести тела (это условность, поскольку в действительности сила может быть приложена только к телу).

Работа (A). Работа силы в поступательном движении:

$$A = F \times S,$$

где S – линейный путь. Работа силы во вращательном движении:

$$A = M^o \times \varphi,$$

где M^o – вращающий момент, φ – угловой путь. Общая работа (A) равна сумме работ внешних (A_e) и внутренних (A_i) сил:

$$A = S (A_e + A_i).$$

Мощность (N). Мощность – это мера интенсивности работы. Средняя мощность $N_{cp} = A/t$. В поступательном движении:

$$N_{cp} = A/t = F \times S/t = F \times v,$$

где F – сила, v – скорость. Во вращательном движении

$$N_{CP} = A/t = M^o \times \varphi/t = M^o \times \omega,$$

где M^o – вращающий момент, ω – угловая скорость.

7.3. Энергетические характеристики

Существуют различные виды энергии: механическая, тепловая, электрическая, магнитная, электромагнитная, химическая, ядерная. Все они могут переходить одна в другую (в другие). Здесь речь о механической энергии (несколько условно рассматривая гравитационную энергию как механическую).

Энергия – состояние тела, характеризующееся способностью выполнить работу того или иного объема. Приращение энергии (положительное или отрицательное) – результат произведенной над телом работы: $\Delta E = A$, т.е. работа, произведенная над телом, изменяет его энергию.

Общая энергия

$$E = E_{\text{ПОТ}} + E_{\text{КИН}},$$

где $E_{\text{ПОТ}}$ – энергия положения в потенциальном поле, $E_{\text{КИН}}$ – энергия движения.

Потенциальная энергия

$$E_{\text{ПОТ}} = E_{\text{ПТ}} + E_{\text{ПУ}},$$

где $E_{\text{ПТ}}$ – потенциальная энергия тела в поле тяготения Земли, а $E_{\text{ПУ}}$ – потенциальная энергия в поле упругих сил (возникающих в результате деформации тела или тел).

$$E_{\text{ПТ}} = mgh,$$

где m – масса тела, g – ускорение земного тяготения, h – высота над уровнем, принятым за нулевой. $E_{\text{ПУ}} = cd^2/2$, где c – модуль жесткости, d – величина («плечо») деформации.

Кинетическая энергия

$$E_{\text{КИН}} = E_{\text{КП}} + E_{\text{КВ}},$$

где $E_{\text{КП}} = mv^2/2$ – кинетическая энергия поступательного, а $E_{\text{КВ}} = I\omega^2/2$ – кинетическая энергия вращательного движения. Здесь m – масса тела, v – линейная (поступательная) скорость, I – момент инерции тела, ω – угловая скорость. Величина энергии зависит от уровня начала отсчета определяющих ее характеристик, принятого за нулевой, т.е. от принятого начала системы отсчета этой энергии.

Целесообразно обобщить: *воздействие на тело* соответственно своим количественным значениям *изменяют* его *состояние*. Соответствующие характеристики сведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики линейного воздействия	Изменения линейных характеристик состояния	Характеристики вращающего воздействия	Изменения вращательных характеристик состояния
Ft	$\Delta(mv)$	$M_f \varphi$	$\Delta E_{\text{КИН}} \text{ вращ}$
FS	$\Delta E_{\text{КИН}} \text{ пост}$	$M_f \varphi$	$\Delta E_{\text{КИН}} \text{ вращ}$
FS	$\Delta E_{\text{ПОТ}} \text{ лин}$	$M_f \varphi$	$\Delta E_{\text{ПОТ}} \text{ угл}$

Формулы этой связи:

$$Ft = \Delta(mv); \quad M_f \varphi = \Delta(I\omega);$$

$$FS = \Delta E_{\text{КИН}} \text{ пост}; \quad M_f \varphi = \Delta E_{\text{КИН}} \text{ вращ};$$

$$FS = \Delta E_{\text{ПОТ}} \text{ лин}; \quad M_f \varphi = \Delta E_{\text{ПОТ}} \text{ угл}.$$

При этом следует иметь в виду, что вращательное движение легко преобразуется в поступательное (вращение колеса велосипеда преобразуется в поступательное движение самого велосипеда) и наоборот (поступательное движение телеги преобразуется во вращение колеса). То же относится ко всем видам механической энергии: они могут преобразовываться один вид в другой – например, кинетическая энергия в потенциальную и наоборот, один вид кинетической или потенциальной энергии в другой. Механическая энергия может переходить в другие виды энергии.

7.4. Основные законы механики

Три основных закона механики (законы Ньютона) представляют собой основу, базу остальных законов и закономерностей классической механики, вместе с пятью принципами они составляют фундамент, на котором построено и стоит ее здание.

Приведем формулировки этих законов.

1-й закон. Существуют такие системы отсчета пространства, для которых справедливо утверждение, что если сумма сил, приложенных к телу, $\Sigma F_i = 0$, оно сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного (т.е. без ускорения) движения (по инерции) – $\Sigma F_i = 0 \rightarrow v = \text{const}$. Эти системы – *инерциальные* системы отсчета, они движутся (в любом направлении и с любой скоростью) равномерно прямолинейно, т.е. без ускорения. Суть 1-го

закона механики – введение понятия «инерциальные системы», потому что равномерность движения по инерции прямо следует из 2-го закона. При И. Ньютоне целесообразно было подчеркнуть существование движения по инерции, это было не очевидно.

2-й закон. Приложение к телу импульса силы (условно Ft) влечет за собой изменение mv его количества движения (т.е. Δmv); mv называют также *импульсом тела* или просто *импульсом*. Уравнение 2-го закона механики: $Ft = \Delta(mv)$. Если $\Sigma F = 0$, mv , а значит и скорость тела (v) не изменяются – ситуация 1-го закона.

3-й закон. При механическом взаимодействии двух тел они воздействуют друг на друга силами, равными по модулю (величине), противоположными по направлению и направленными по одной (общей для них) линии действия ($F_A = -F_B$, где A и B – взаимодействующие тела).

7.5. Другие зависимости классической механики

«Простые машины». Этим названием принято обобщать рычаги, наклонные плоскости, блоки и их системы. Все они основаны на так называемом «золотом правиле» механики: проигрывая в пути, мы выигрываем в силе – и наоборот. В разных модификациях они применяются как элементы более сложных устройств.

Рычаги. Их принято делить на одноплечие (рычаги первого рода) и двухплечие (рычаги второго рода) – см. рис 1.

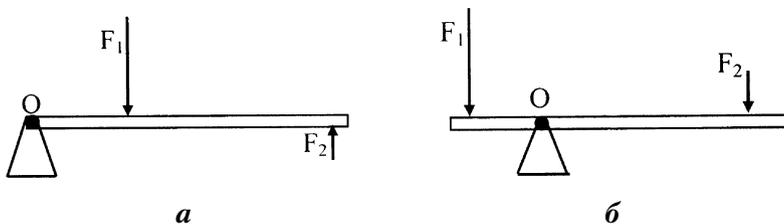


Рис. 1. Рычаги. Простейший вариант: приложены всего две уравновешивающие друг друга силы, направленные перпендикулярно рычагу:

а – одноплечий рычаг, модули уравновешивающих его параллельных сил обратно пропорциональны расстояниям точек их приложения от оси рычага O и направлены в противоположные стороны; **б** – двухплечий, модули уравновешивающих его параллельных сил также обратно пропорциональны расстояниям точек их приложения от оси рычага O , но направлены в одну сторону

Модуль (количественное значение) момента силы, вращающего рычаг, равен ее модулю, умноженному на расстояние линии действия силы от оси рычага. Закон равновесия рычага: $\Sigma M_f = 0$. Если $\Sigma M_f \neq 0$, рычаг поворачивается вокруг своей оси O . Рычаг применяют чаще всего для уравнивания или преодоления большей силы намного меньшей. Но иногда и для того, чтобы достигнуть большой скорости рабочей точки: в таком случае разгоняющую силу прилагают на малом плече рычага («проигрывая» в силе), но выигрывают в скорости на конце длинного плеча.

В теле человека кости играют роль рычагов, в подавляющем большинстве первого рода (одноплечих): звенья рук, бедра, голени. Примеры двуплечих рычагов: стопы, голова.

Наклонная плоскость. Обычно имеют в виду наклон плоскости к горизонтали (которой сила тяжести перпендикулярна). Наклонные плоскости в разных модификациях широко применяются в хозяйственной жизни и в быту.

Нормальная составляющая силы тяжести $F_n = F_m \cos\varphi$, параллельная составляющая $F_{\parallel} = F_m \sin\varphi$. Чем больше наклон плоскости, тем меньше F_n и больше F_{\parallel} . Поскольку сила трения прямо пропорциональна F_n , увеличение наклона плоскости ведет к уменьшению силы трения. Чем меньше наклон, тем меньше F_n , а значит – легче удерживать тело от скатывания или катить его вверх, чем часто пользуются.

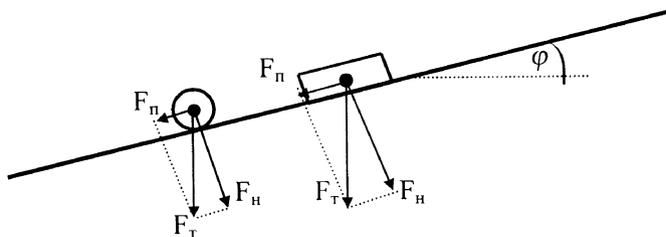


Рис. 2. Шар и «кирпич» на наклонной плоскости:

F_m – сила тяжести тела, F_n – ее нормальная (перпендикулярная наклонной плоскости); F_{\parallel} – параллельная ей составляющая.

Все силы приложены к центру масс

Модификации наклонной плоскости – винт и клин. Винт представляет собой изогнутую вокруг его оси наклонную плоскость, и чем меньше шаг винта (т.е. как бы меньше наклон плоскости винтовой поверхности к плоскости, перпендикулярной

оси винта), тем легче ввинчивать его в материал. Клин тоже представляет собой наклонную плоскость, и чем меньше угол между плоскостями клина, тем больше их нормальное к этим плоскостям силы давления (поперечные силы) на раздвигаемый материал при той же силе, направленной вдоль оси клина (продольной силе).

Блоки. Обычно блоки предназначены для изменения направления действия силы, не меняя ее модуля (количественного значения): например, тянем *книзу* за один конец каната, перекинутого через блок, и тем самым поднимаем груз *вверх*. Выигрыша в силе блок не дает, другое дело – разные полиспасты (системы блоков). Простейший полиспаст, позволяющий выиграть в силе вдвое (вдвое проиграв в пути), показан на рис. 3.

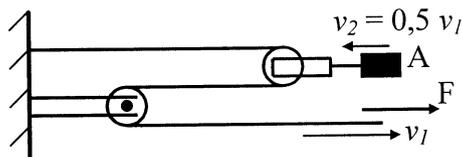


Рис. 3. Полиспаст:

приложение силы F к канату перемещает его со скоростью v_1 и перемещает тело A со скоростью v_2 , вдвое меньшей v_1 , а сила, действующая на тело A , подвешенное к подвижному блоку, вдвое больше силы F – вдвое проигрши в пути, вдвое выигрши в силе. Если добавить еще один неподвижный и один подвижный блоки и к подвижному блоку подвесить еще один подвижный блок, а уже к нему груз – выигрши в силе в 4 раза (зато в 4 раза проигрши в скорости и в пути)

Приложенные к телу силы и его вращение. Сила $F_{цс}$, приложенная к материальной точке A перпендикулярно ее скорости, называется *центростремительной*. Она направлена к центру кривизны траектории точки A и не меняет модуль (абсолютное значение) ее скорости, меняя лишь ее направление – ускорение направлено перпендикулярно скорости, и его проекция на скорость равна 0.

$$F_{цс} = m\omega^2 r = m\omega^2 r,$$

где ω – угловая скорость точки A , r – радиус окружности (движение по любой кривой, кроме окружности, – это движение по дуге переменного радиуса, каждый малый участок кривой может быть с некоторой погрешностью представлен как отрезок дуги окружности), линейная скорость точки A , движущейся по дуге окружности, $v = \omega r$. Материальная точка, в соответствии со вторым

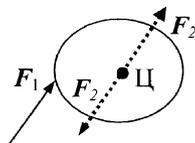
законом механики, «отвечает» воздействием на связь, «заставляющую» ее отклоняться от движения по прямой силой инерции, называемой *центробежной*. Эта сила равна $F_{цб} = -F_{цс} = -m\omega^2/r = -m\omega^2 r$, т.е. такой же по величине и направленной по той же линии действия, что и центростремительная сила $F_{цс}$, но только в противоположном направлении. Центробежная сила $F_{цб}$ – интенсивность воздействия тела М, т.е. ускоряемого (вращающегося) тела, на тело К, непосредственно воздействующее на тело М силой $F_{цс}$, либо на связь между этими телами, через которую осуществляется воздействие, отклоняющее тело М от прямолинейного пути.

Если принять в качестве расчетной систему координат, «скрепленную» с вращательным переносным движением, то при радиально (от оси вращения к периферии или от периферии к оси вращения) направленном относительном движении материальная точка как бы испытывает линейное ускорение (например, на карусели, если она вращается против часовой стрелки, человека, движущегося по направлению от центра наружу или же, наоборот, от края к центру, как бы заносит вправо (относительно пола карусели). То же будет с мячиком, если его покатить в радиальном направлении. Это называется ускорением Кориолиса, его формула $a_k = -2\omega_n v_p$, где ω_n – угловая скорость переносного движения (в нашем случае вращательного движения карусели), v_p – скорость радиальной составляющей движения точки. Если мячик покатить в радиально установленном пазу, он будет давить на правую стенку этого паза силой Кориолиса $F_k = -2m\omega_n v_p$, где m – масса мяча. Но в системе отсчета, скрепленной с Землей, движение мячика прямолинейно, никакого ускорения вправо нет. Это участки паза имеют линейную скорость, тем большую, чем дальше от оси вращения они расположены. Двигаясь в пазу, мячик, переходя из одного участка в другой, под давлением стенки паза меняет свою линейную скорость движения, перпендикулярную радиальной, т.е. получает ускорение, обратное ускорению Кориолиса. Если же помехи нет, мячик ни на что с силой Кориолиса не давит, а ускорение Кориолиса – поправка на неинерциальность вращающейся переносной системы (карусели).

Сила, линия действия которой проходит через центр масс тела, к которому она приложена, меняет только его поступательное движение, а пара сил – только его вращательное движение. На вопрос о том, как влияет на движение тела сила, линия действия

которой не проходит через ц.м.т., отвечает лемма о параллельном переносе силы (приведении силы к точке) – рис. 4.

К телу (обозначено овалом) приложена сила F_1 . Чтобы определить ее действие, приложим к ц.м.т. (Ц) уравновешенную систему сил F_2 и F'_2 , равных F_1 по модулю и направленных параллельно ей, что не меняет систему сил (согласно принципу суперпозиции сил). Теперь, согласно тому же принципу, имеем право разбить по-



лученную систему из трех сил на две системы: первая F_1 и F'_2 , вторая F_2 . Система $F_1 F'_2$ – пара сил, она определяет вращающий момент M , и если поделить его на момент инерции тела относительно его центральной оси (оси, проходящей перпендикулярно плоскости пары сил через точку Ц), узнаем угловое ускорение тела ε , т.е. $\varepsilon = M/I$. А сила F_2 сообщает телу линейное (поступательное) ускорение, равное F_2/m . Так как $F_1 = F_2$ по модулю, можно утверждать, что в каком месте ни приложить к телу силу, частное от деления ее на массу тела полностью определяет значение и направление его линейного ускорения.

Рис. 4.
Параллельный перенос сил

Трение. Сила трения возникает между двумя телами. Различают три вида трения: покоя, скольжения, качения. Сила трения приложена к телу по касательной к трущимся поверхностям и направлена противоположно скорости тела, рассматриваемого как сдвигаемое или движущееся относительно другого.

Сила трения покоя бывает полная и неполная. *Полная* возникает в момент, когда некоторая приложенная к телу сила сдвигает его с места. А пока она недостаточно велика, чтобы стронуть тело с места, сила трения меньше (она ведь равна приложенной к телу сдвигающей силе) – это неполная сила трения.

После того как тело сдвинуто с места, трение скачком уменьшается – это уже *трение скольжения*. Оно не зависит от относительной скорости трущихся тел. Как полная сила трения покоя, так и сила трения скольжения зависят от характера трущихся поверхностей и пропорциональна нормальной (т.е. перпендикулярной трущимся поверхностям) силе F_n . Под характером трущихся поверхностей имеются в виду степень их шероховатости и твердость (чем мягче поверхность, тем больше она деформируется, позволяя другому телу в нее углубиться). Но если поверхности

отшлифованы и конгруэнтны, действуют молекулярные силы притяжения, поверхности как бы слипаются, сопротивляясь сдвигу. Эти факторы определяют коэффициент трения $k_m = F_m/F_n$, где F_m – сила трения, F_n – нормальная (перпендикулярная трущейся поверхности) составляющая сил взаимного давления.

Сила трения качения определяется вдавливанием катящегося тела в поверхность другого и сминанием кромки образующейся впадины, перемещающейся вместе с катящимся телом, а в самом катящемся теле образуется уплощение в месте контакта. Поэтому коэффициент трения тем меньше, чем тверже контактирующие поверхности. Гладкость поверхностей тоже важна.

Трение о лед и снег имеет особенность: сила трения покоя может быть в несколько раз больше силы трения скольжения, тогда как у других трущихся поверхностей это различие всего несколько процентов. Дело в том, что выделяющееся из-за трения скольжения тепло растапливает снег или лед, образуя на его поверхности слой «смазки», уменьшающий трение.

Наличие любого вида трения полезно либо вредно, либо полезно и вредно одновременно. С одной стороны, без трения очень трудно (иногда невозможно) использовать опору для изменения движений, оно позволяет удерживать предметы. С другой стороны, трение замедляет движение тел (т.е. вызывает отрицательное ускорение), препятствует сообщению телу положительного ускорения, приводит к переходу механической энергии тела в тепловую (в основном), т.е. к ее потере движущимся телом.

Движение в сплошной среде. Перемещаясь в сплошной среде (жидкой, газообразной), тело испытывает ее воздействие. Во-первых, это лобовое сопротивление (т.е. давление на тело, направленное противоположно его скорости относительно среды), которое приблизительно пропорционально квадрату этой скорости и зависит от плотности и вязкости среды. Его абсолютная величина зависит также от вихреобразования, сила которого зависит от формы тела, его расположения относительно скорости, гладкости поверхности. Неважно, что в нашей системе отсчета движется: тело в среде или среда вокруг тела. Передвигаясь со скоростью 15 м/с на велосипеде, вы испытываете сопротивление воздуха. Но точно такое же воздействие воздуха на тело вы испытаете, если стоите на месте при ветре в лицо скоростью 15 м/с. Роль играет только относительное движение тела в среде.

Во-вторых, это боковое давление, в частности подъемная сила («гидро- и аэродинамический парадокс» – рис. 5) и искривление траектории ц.м. вращающегося тела (эффект Магнуса – рис. 6). В обоих случаях с той стороны тела, с которой поток относительно него имеет меньшую скорость, давление на тело больше. А скорость меньше там, где расстояние между местом разделения обтекающего потока и местом его последующего воссоединения меньше. В случае вращающегося тела, например мяча, вращающаяся поверхность увлекает часть струй потока, их путь оказывается больше, а значит и скорость больше – соответственно с этой стороны давление на мяч меньше.

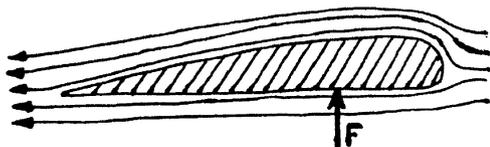


Рис. 5. Подъемная сила

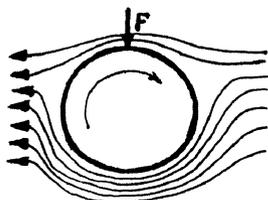


Рис 6. Эффект Магнуса

Упругость и эластичность. Эти разные понятия, к сожалению, часто считают синонимическими. Упругость измеряется, оценивается относительной (в %) величиной *возвращаемой* при снятии деформирующего фактора (если деформация не была разрушающей) энергии деформации. А эластичность измеряется и оценивается максимально возможной без разрушения тела относительной величиной деформации (т.е. абсолютной деформации, поделенной на соответствующий размер тела). Так, «перекачанный» мяч малоэластичен, но упруг, а очень плохо накачанный мяч значительно более эластичен (значительно деформируем), но упругость его намного меньше (отскок гораздо меньше). При этом и тот и другой восстанавливают свою форму после снятия деформирующего воздействия, что часто и путает людей.

Разгон, движение «по инерции» и остановка тела. Для того, чтобы изменить импульс mv (количество движения) тела, собственного или другого, нужно приложить к нему импульс Ft внешней силы F . При этом нужно рассматривать направления как скорости тела, так и приложенной силы (ведь они векторные величины): если они совпадают или противоположны (рис. 7), изме-

няется только модуль (количественное значение) скорости (в случае А она возрастает, в случае Б – уменьшается. Следовательно, возрастает или уменьшается и импульса тела. Если они перпендикулярны (рис. 8) – изменяется только направление скорости (и импульса), модуль скорости не изменяется. В промежуточных случаях разлагают импульс приложенной силы на взаимно перпендикулярные составляющие, одна из которых совпадает с прямой, по которой направлена скорость, и равна импульсу силы, умноженному на косинус угла между ним и скоростью тела, – она дает приращение модуля импульса тела (положительное или отрицательное), а составляющая, перпендикулярная скорости тела, равна импульсу приложенной силы, умноженному на \sin того же угла, меняет направление скорости. В конце воздействия скорость тела направлена по диагонали прямоугольника, стороны которого векторы исходного и приложенного импульсов силы.

Чтобы увеличить скорость своего тела, нужно совершать *преодолевающие* (напряженные мышцы укорачиваются) телодвижения, обеспечивающие давление на опору в сторону, противоположную этой скорости. Это, в соответствии с третьим законом механики, вызывает ответное воздействие опоры на тело, называемое опорной реакцией (реакцией опоры). Она – внешняя относительно тела сила, ускорение от нее направлено одинаково со скоростью, которая поэтому возрастает. Чтобы уменьшить скорость своего тела, человек должен воздействовать на опору *уступающими* телодвижениями, вызывающими появление реакции опоры, направленной противоположно скорости тела. Если сумма сил, приложенных к телу человека, равна 0 (либо, что то же, к телу не приложена никакая сила), скорость тела сохраняется неизменной (в соответствии с первым законом механики).

Во вращательном движении приложение к телу момента импульса внешней силы влечет за собой изменение кинетического момента, т.е. $M_F t = \Delta(I\omega)$, где M_F – приложенный момент.

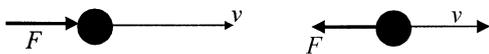


Рис. 7. Векторы приложенной силы и скорости лежат на одной прямой



Рис. 8. Вектор силы перпендикулярен вектору скорости

Законы сохранения: 1) вещества; 2) энергии; 3) импульса (количества движения); 4) кинетического момента (момента количества движения).

В консервативной (изолированной от внешних связей и воздействий на нее) системе сохраняются неизменными:

1) количество вещества m (оно может переходить из одного вида вещества в другой, а при превращениях на атомном уровне – и в энергию), т.е. $m = const$;

2) энергия E (она тоже может переходить из одной формы в другую), т.е. $E = mgh + cd^2: 2 + v^2: 2 + I\omega^2: 2$;

3) импульс $m\mathbf{v}$ (импульс тела, количество движения);

4) кинетический момент $I\omega$ (момент импульса, момент количества движения).

Для анализа спортивных двигательных действий (СДД) наиболее важны второй, третий и четвертый из названных законов сохранения (первый как бы подразумевается). Чтобы их использовать, нужно рассматривать отдельно воздействие и результаты внешних сил, как и воздействие и результаты внутренних сил рассматриваемой системы – в спорте чаще всего это тело человека.

Изменение энергии – результат работы внешних и внутренних сил. Этот результат нужно подсчитать или как-то выделить, и рассматривать ту энергию, которой обладало тело до начала действия названных сил, распространив на нее закон сохранения энергии (включая то, что один ее вид может переходить в другой), затем добавить подсчитанное.

Закон сохранения импульса можно применять, рассматривая движение тела «по инерции», а также столкновения тел либо энергоемкое активное сближение (притягиванием) или удаление друг от друга (отталкиванием) тел, совместно рассматриваемых в качестве единой системы. Этот закон определяет движение ракет: выбрасываемое с огромной скоростью небольшое количество продуктов сгорания (малая масса, умноженная на большую скорость) компенсируется небольшим приращением противоположно направленной скорости большой массы тела ракеты. Человек, толкнув другого, сам получает некоторую скорость в противоположном направлении (если не предпримет заранее компенсаторные действия).

Закон сохранения кинетического момента используется при анализе двигательной активности очень широко, особенно в спор-

те. Это связано с тем, что можно телодвижениями (т.е. внутренними силами) изменять угловую скорость (скорость вращения) тела и даже разделять кинетический момент на разнонаправленные составляющие (компоненты) – т.е. управлять (в соответствии с законом сохранения кинетического момента) вращательным движением тела даже без воздействия на него внешних сил – прилагая внутренние силы, изменять конфигурацию тела (взаимное расположение его звеньев), что изменяет момент инерции тела и перераспределяет кинетические моменты его звеньев. Есть три основных способа управления вращательным движением тела и его частей, используя закон сохранения кинетического момента (закон сохранения момента количества движения).

«Встречные движения». Подпрыгнув вверх (лучше на батуте), попробуйте поднять прямые ноги вперед – туловище наклонится навстречу ногам. Опустите ноги – туловище займет прежнее вертикальное положение. Если, подпрыгнув на батуте вверх, сделать несколько быстрых кругов двумя руками вперед (из положения руки вверх движения ими вперед – вниз – назад – вверх), тело повернется («упадет») назад и человек упадет на батут на спину. Если из положения руки вперед выполнить резкое движений ими вправо, тело повернется влево, а если успеть резко вернуть руки в исходное положение – в исходное положение вернется и тело. Потому что вращение каких-то звеньев тела в одну сторону вызывает вращение остальных в противоположную сторону, и угловые скорости этих противоположно направленных движений обратно пропорциональны их моментам инерции относительно общей оси, вокруг которой происходит вращение. Так что все тело в целом не вращается.

Изменение момента инерции тела. Задав вращение выпрямленного тела, например назад (т.е. вокруг фронтальной оси), можно ускорить его вращение, если сгруппироваться: во сколько раз при этом уменьшится момент инерции тела относительно этой оси, во столько же раз увеличится его угловая скорость. Если выпрямить тело (разгруппироваться) – угловая скорость снова уменьшится до исходной. Таким образом, произведение $I \times \omega$ (момент инерции тела умноженный на его угловую скорость) остается все время неизменным. Точно так же можно изменением момента инерции (I) тела относительно его продольной оси изменить скорость его вращения (если она есть) вокруг этой оси ω

обратно пропорционально относительному изменению момента инерции $\Delta I : I$.

Разложение момента инерции на его составляющие по разным осям. Если тело вращается в сагиттальной (вертикальной передне-задней) плоскости, т.е. вокруг фронтальной оси (перпендикулярной продольной оси тела), можно сообщить ему вращение вокруг его продольной оси, «встречным движением» руками повернув тело так, чтобы его продольная ось вышла из исходной плоскости вращения. Это приводит к перераспределению кинетического момента относительно осей, в результате чего начнется так называемое «трехосное» вращение: будет продолжаться вращение вокруг горизонтальной оси в исходном направлении, начнется «винтовое» (вокруг продольной оси тела) вращение, кроме того – конусообразное вращение самой этой оси (а значит и тела) с вершинами конусов в центре масс тела – так называемая нутация. При этом суммарный (суммированный векторно, т.е. геометрически) кинетический момент остается неизменным. Именно «трехосное» вращение используется в упражнениях, в которых требуется создать быстрое вращение тела вокруг его продольной оси («винтовое») при наличии вращения вокруг поперечной оси.

🔗 **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое инерция, каковы ее основные проявления? Что такое масса и центр масс, какова роль этих понятий?
2. Что такое инерционность тела? Что такое момент инерции материальной точки, тела?
3. Каковы смысл, содержание и применение формулы Штейнера–Гюйгенса?
4. Что такое сила, ее момент, вращающий момент? Пара сил, момент пары?
5. Какие бывают силы (по их приложению к телу или точке)?
6. Что такое равнодействующая система сил, какова ее роль?
7. Что такое силы тяготения (гравитация) и тяжести, центр тяжести? В чем различие силы тяжести тела и его веса?
8. Что такое импульс силы, момент импульса силы?
9. Что такое работа и мощность?
10. Что такое энергия, каковы формулы видов механической энергии?
11. Каково содержание и значение трех основных законов механики?

12. Что называют «простыми машинами»? Каков общий принцип их действия?
13. Каковы два вида рычагов? Каковы законы рычага?
14. Что дает использование наклонной плоскости и ее модификаций?
15. Как используют блоки и их системы (полиспасты)?
16. Что такое центробежная и центростремительная силы, какова их взаимосвязь?
17. Что такое сила трения, от чего она зависит, как направлена, каковы ее виды? Что такое коэффициент трения и чему он равен?
18. Как влияет сплошная среда (воздух, вода) на движущееся в ней тело? Как объяснить эффект Магнуса, появление подъемной силы?
19. Что такое упругость и эластичность?
20. В чем содержание законов сохранения вещества, энергии, импульса, момента импульса (кинетического момента)?
21. В чем сущность трех способов управления вращательным движением тела в безпорном состоянии на основе закона сохранения кинетического момента?

ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОРТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СУБДЕЯТЕЛЬНОСТИ

План лекции

1. *Типология спортивной двигательной активности.*
2. *Спортивные максимальные двигательные задания.*
3. *Спортивные двигательные противоборства.*
4. *Спортивные двигательные задания с целевыми морфоструктурами.*
5. *Другие типы спортивных двигательных заданий.*
6. *Биомеханические аспекты анализа спортивных двигательных заданий разных типов.*

8.1. Типология спортивной двигательной активности

Существующая типология видов спортивной деятельности (групп видов спорта), опирающаяся на характер типовых для них форм двигательной активности (двигательных действий, упражнений), неприемлема, поскольку она вынужденно построена по разным признакам – а это принципиальное нарушение азов таксономии. В спорте не всё определяется характером специфической для него (целевой) двигательной активности.

Думается, классифицировать группы спортивных двигательных заданий в первом ветвлении следует (рис. 1) по критериальной цели, преследуемой спортсменами в соревнованиях этой группы видов спорта. Делить виды спорта внутри *каждой* группы на подгруппы нужно также по одному признаку, в разных группах эти признаки могут быть разными. Аналогично (хотя несколько условно) группы видов спорта можно распределить на группы и подгруппы – вариант такого распределения показан на рис. 1. Здесь показаны как подгруппы видов спорта, так и отдельные виды спорта, не сведенные в подгруппу. Классификация примерная, перечислены не все виды спорта.

ВИДЫ СПОРТА		
Максимальные	Противоборства	С целевой кинематикой
Легкая атлетика	Спортивные игры	Оздоровительные виды гимнастики
Лыжный спорт	Все виды борьбы	Спортивные виды гимнастики
Плавание	Фехтование	Ушу и каратэ (демонстрационные)
Ныряние	Армрестлинг	Акробатические танцы
Тяжелая атлетика	Бодибилдинг	Фигурное катание на коньках
Конькобежный спорт	Ударные противоборства	Фристайл
Велоспорт		Акробатические танцы
Прыжки с трамплина		Спортивные танцы
Триатлон		Черлидинг
		Водные лыжи
		Синхронное плавание
		Прыжки в воду
		Прыжки на батуте

ВИДЫ СПОРТА			
Маршрутные	Точностные	Управляющие	Комплексные
Альпинизм	Пулевая стрельба	Автомотоспорт	Биатлон
Скалолазание	Стрельба стрелами	Авиаспорт	Офицерское пятиборье
Спортивный туризм	Гольф	Водномоторный	Мотобол
Водный слалом	Бильярд	Парусный	Конное поло
Спортивное ориентирование	Дартс (метание дротиков в цель)	Конный	
		Парашютный	
		Санные виды	
		Горные лыжи	
		Авиамодельный	

Рис. 1. Примерная классификация видов спорта по критериальной цели

8.2. Спортивные максимальные двигательные задания

Максимальные соревновательные спортивные двигательные задания объединяет в одну группу их нацеленность на достижение *своими силами* наибольшей величины той или иной механической характеристики, являющейся критериальной для данного за-

дания: на достижение максимально возможной средней скорости передвижения (что, как обратной величиной, обычно измеряют временем преодоления заданной дистанции); преодолением наибольшего пространства по горизонтали или по вертикали, подниманием наибольшего веса. Такие задания делят на циклические, ациклические и смешанные.

Циклические: бег гладкий, кроссовый, с препятствиями (барьерами), спортивная ходьба, велосипедные гонки, бег на коньках и на лыжах, плавание, гребля. В них могут быть ациклические компоненты, но в основном они состоят из повторяющихся в своей основе циклов систем телодвижений. Это выполнение локомоторных действий (суть их в перемещении тела спортсмена в пространстве). В каждом из таких видов упражнений скорость равна произведению длины шагов (пространства, преодолеваемого в одном цикле) и их частоты (количества циклов в единицу времени). Для достижения лучшего результата нужно индивидуально оптимизировать значения длины шагов и их частоты.

В циклических локомоциях нужно развивать направленную в сторону движения тела составляющую силы реакции опоры, при установившейся скорости в среднем по модулю равную сопротивлению среды (воздуха, воды), в скользящих шагах добавляется преодоление силы трения скольжения. Поэтому сопротивление среды и трение скольжения желательно минимизировать, что достигается нужным положением туловища, специальным обтягивающим тело костюмом из скользкой ткани, минимизацией миделева (наибольшего поперечного) сечения и гладкостью поверхности лодки, материалом и смазкой лыж.

Циклические упражнения, хотя и нечетко, можно по типу энергообеспечения делить на 3 группы: 1) кратковременные – выполнение соревновательных двигательных заданий нагружает в основном анаэробные механизмы энергообеспечения; 2) долговременные – выполнение соревновательных двигательных заданий нагружает в основном аэробные механизмы энергообеспечения; 3) смешанные – при выполнении соревновательных заданий имеет место баланс нагрузки на анаэробные и аэробные механизмы энергообеспечения.

Ациклические. К ациклическим максимальным спортивным двигательным заданиям относятся разные виды подъемов штанги или гири, прыжок на лыжах с трамплина, легкоатлетические ме-

тания (кроме метания молота, имеющий место в метаниях разбег играет намного меньшую роль). При выполнении ациклических упражнений решающую роль играют механизмы анаэробного энергообеспечения.

Смешанные. К ним относятся легкоатлетические прыжки, бег с препятствиями (барьерами), метание молота. В них значимость циклического и ациклического компонентов сопоставимы.

Итак, по преимущественному типу энергопотребления при выполнении максимальных заданий различают анаэробные (продолжительность до 1,5 мин), аэробно-анаэробные (продолжительность 1,5–5 мин) и аэробные (более 5 мин). Напомним: в основном в анаэробном режиме работают быстрые мышечные волокна (большие двигательные единицы), в аэробном – медленные (малые двигательные единицы).

Конечно, перечисленные виды двигательных заданий в максимальных видах спорта различаются по характеру двигательных структур, по условиям, в которых выполняются, по повторности на одних соревнованиях и другим особенностям. Но все они объединяются стремлением спортсмена достигнуть максимально возможных характеристик соревновательных заданий, показать максимально доступный спортсменам абсолютный результат, выражаемый в физических величинах: секундах, метрах, килограммах, и потому виды спорта, включающие их в качестве соревновательных, логично называть «максимальными».

8.3. Спортивные двигательные противоборства

В этой группе борьба классическая, вольная, дзюдо, самбо, сумо; бокс, тайский бокс, каратэ, тхеквондо, ушу; фехтование, армрестлинг, одиночные и командные спортивные игры (на открытом грунте, в зале, в бассейне, на льду: футбол, мини-футбол, американский футбол, регби, теннис, бадминтон, софтбол, хоккей, бенди, баскетбол, волейбол, гандбол, настольный теннис, водное поло). Выполняя двигательные задания в этих видах спорта спортсмен (один или в составе команды) стремится не к достижению доступных ему максимальных целевых характеристик систем движений, не к максимальным их абсолютным значениям, а к их целесообразности для победы над противником. Поэтому в выборе двигательных действий он руководствуется ситуацией,

своим состоянием, особенностями противника, его двигательная активность в высшей степени ситуативна и потому импровизационна. Успех спортсмена во многом определяется его тактическим мастерством, а в командных играх – тактическим мастерством всех членов команды и их сыгранностью (умением понимать намерения партнеров и делать понятными свои).

В *контактных* противоборствах спортсменов оказывает непосредственные силовые воздействия на противника и испытывает его силовые воздействия. В *бесконтактных* взаимодействие опосредовано мячом (шайбой, мячиком, воланом), его (ее) движением, управляемым в некоторых видах спорта опосредованно клюшкой, ракеткой, битой, преобразующими и усиливающими функцию руки, а также увеличивающими моторное поле (область пространства, доступного для воздействий на другие тела).

Поэтому при биомеханическом анализе двигательной активности в бесконтактных видах спорта важно рассматривать не только моторику спортсменов, но также характеристики и особенности снаряда, его движения и механического взаимодействия с ним. А в контактных видах анализировать не только моторную активность спортсменов, но и механическое взаимодействие их тел, в процессе которого каждый испытывает противодействие противника (атакой или защитой), а через них – телодвижениям. Это противодействие в большей или меньшей степени определяет двигательную активность каждого. Нужно анализировать двигательную активность обоих спортсменов как единую систему, что, конечно же, анализ усложняет, но многое позволяет понять.

Поскольку в сфере компетенции спортивной биомеханики находятся только спортивные двигательные задания, интеллектуальные противоборства здесь не рассматриваются (пожалуй, заслуживает специального и аргументированного обсуждения вопрос о том, правомерно ли вообще относить их к спорту).

8.4. Спортивные двигательные задания с целевыми морфоструктурами

Представляются неудачными распространенные названия соответствующих видов спорта: «сложнокоординационные», «с заданной кинематикой». Ведь двигательные задания этого рода координационно отнюдь не сложнее и не труднее многих двига-

тельных действий в большинстве других видов спорта на уровне достаточно высокого мастерства. Что касается кинематики этих двигательных действий, то заданы (да и то в общих чертах) только их форма и структура (иногда и временная, т.е. ритм), а отнюдь не большинство пространственных, временных и пространственно-временных характеристик.

Выполняя эти задания, спортсмен стремится добиться при выполнении упражнений тех положений, поз, форм, размаха, скоростей, ускорений, темпа и ритма телодвижений и движений, которые заданы правилами, принципиальные отклонения караются сбавками в оценках. Содержание и структура соединений двигательных действий и целых композиций задается только в обязательных комбинациях и композициях, в произвольных только относительно задается самим спортсменом и может им не соблюдаться. Так ведь и конькобежец в таком же смысле задает состав, форму и сочетания двигательных действий. Кроме того, на спортивный результат влияет трудность не только отдельных двигательных действий, но и их сочетаний и композиций в целом, такие трудно анализируемые биомеханические стороны систем поз, телодвижений и движений как их выразительность и пластичность. К этому типу двигательных заданий относятся упражнения спортивной и художественной гимнастики, акробатики, черлидинга, ОВГ, фигурного катания, фристайла, синхронного плавания, прыжков на батуте и в воду, водных лыж, ушу, спортивных танцев, рок-н-ролла, брек-данса.

Одна из особенностей большинства упражнений рассматриваемого типа – их отличие по форме и характеру от обычных в жизнедеятельности, они «изобретены» в рамках соответствующих видов спорта. Вторая особенность – специфические требования к их эстетичности и трудности, что необходимо учитывать при биомеханическом анализе. В рамках спортивной гимнастики упражнения выполняются на специальных снарядах, в художественной гимнастике – с предметами, в прыжках в воду используются вышка и трамплин.

В рамках акробатики, прыжков на батуте и в воду, черлидинга, фигурного катания, синхронного плавания, спортивных танцев и рок-н-ролла имеются как упражнения, выполняемые индивидуально, так и упражнения, выполняемые с механическим взаимодействием двух или нескольких партнеров. Помимо этого,

в художественной гимнастике, черлидинге, синхронном плавании, прыжках в воду, спортивных танцах и рок-н-ролле имеются двигательные действия, выполняемые двумя или более спортсменами одновременно и координированно, но без механического контакта между ними. Анализ моторики спортсменов при выполнении двигательных заданий рассматриваемого типа (в отличие от заданий других типов) должен строиться с учетом целевой значимости формы, ритма и темпа движений, поз, требований к размаху телодвижений (в том числе поз) и движений всего тела.

В женской спортивной гимнастике (вольные упражнения), в художественной гимнастике, фигурном катании, спортивных танцах, рок-н-ролле, синхронном плавании, черлидинге упражнения выполняются под музыкальное сопровождение, задающее ритм и повышающее выразительность двигательных действий.

Легче других поддаются биомеханическому анализу акробатические прыжки, прыжки в воду и на батуте, упражнения фристайла и спортивной гимнастики: они не осложнены механическим взаимодействием спортсменов, в них не доминирует эстетическая сторона их выполнения. Особенно трудно анализировать с биомеханических позиций взаимные двигательные коррекции неизбежных отклонений от двигательной программы в групповых упражнениях и эстетическую сторону исполнения.

8.5. Другие типы спортивных двигательных заданий

Маршрутные. Преодоление трудностей, определяемых данным маршрутом, составляет сущность рассматриваемого типа заданий. Это – альпинистские восхождения, скалолазание, водный слалом, спортивное ориентирование (летнее и зимнее), преодоление полосы препятствий (в военных и пожарных многоборьях). С позиций биомеханики интересен анализ примененных вариантов техники преодоления препятствий на трассе, с позиций кинезиологии – решение также и недвигательных задач: афферентных, логических, макротактических и других.

Точностные. Помимо разных видов стрельбы, дартса и бильярда, сюда следует отнести некоторые действия в других видах спорта: броски по кольцу в баскетболе, в определенной мере подачи и нападающие удары в волейболе и теннисе, удары по воро-

там и точностные (рассчитанные на высокую точность попадания мяча, шайбы, волана) передачи во всех командных играх.

Управляющие. Это виды спорта, где человек реализует цель – перемещение в пространстве – не своими силами, а управлением источником энергии и средством передвижения. Их объединяет то, что основная энергия, расходуемая на выполнение задания, доставляется посторонним источником, а не продуцируется организмом спортсмена, и потому цель – как можно более эффективно управлять этим источником энергии (механическим транспортным средством, лошадью, санями).

Одна из специфических черт этой двигательной активности – спортсмен как бы чувствует движение лошади или машины, используя квазисенсорные восприятия по типу «эффекта трости» (человек как бы чувствует контакт трости с опорой). Кроме того, требуются довольно «далекие» и экстренные экстраполяции, особенно при большой скорости перемещения.

Комплексные – сочетания двух или более типов разнородных по характеру и доминантной цели систем действий, комплекс заданий, «заимствованных» из разных видов спорта. Потому и цели решаемых задач неоднородны.

8.6. Биомеханические аспекты анализа спортивных двигательных заданий разных типов

Вообще говоря, сфера биомеханики – механические закономерности в живом, но в традиции биомеханики спорта после работ Н.А. Бернштейна принято рассматривать и вопросы, связанные с управлением двигательной активностью и даже двигательной субъектностью, т.е. рассматривать психологические компоненты моторики, что отражено в нашем курсе (хотя, по сути, это уже сфера компетенции кинезиологии).

Анализировать нужно как саму по себе технику СДД и их системных сочетаний (схему системы телодвижений и движений, которую предполагается актуализировать, либо которая была актуализирована), так и адекватность этой техники двигательным особенностям исполнителя и процесс актуализации техники (имевшей место или предполагаемой). Второе включает в себя анализ управленческих компонентов двигательной активности. Помимо этого, необходимо анализировать взаимное соответствие

реализуемой (реализованной, подлежащей реализации) техники, энергозатрат и тактики, а в коллективных действиях и противоборствах – еще и двигательных особенностей партнеров и противников. Конечно, это выходит за рамки биомеханики, но без этого биомеханический анализ не всегда дает педагогический эффект.

В перечисленных (см. рис. 1) видах спорта выполняются двигательные задания, включающие в себя решения характерных для них СДЗ и выполнения СДД. Требования к технике и тактике – их адекватность решаемой задаче, друг другу, двигательным свойствам исполнителя (включая особенности двигательного опыта), правилам вида спорта. Критериальные требования к эффективности техники СДД и их сочетаний показаны на рис. 2. Конечно, «вес» этих требований применительно к разного рода СДД и ситуациям различен.

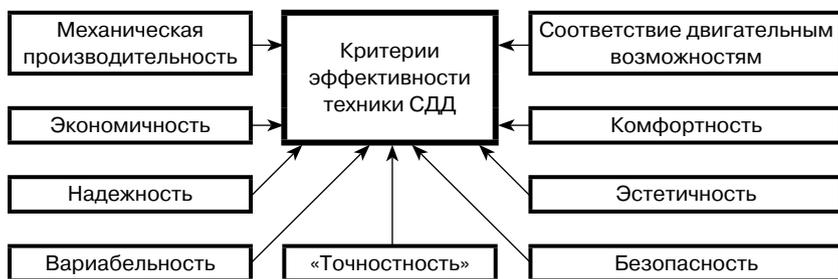


Рис. 2. Требования к технике СДД и их системных совокупностей

Механическая производительность – тот механический эффект, который может быть результатом применения рассматриваемой техники. Например, в спринтерском беге целесообразно высокое маховое поднятие бедра: оно обеспечивает лучшее отталкивание другой ногой и более высокую скорость бега, хотя и сопряжено с большим расходом энергии (а в стайерском беге на первый план выходит *экономичность*, малая энергозатратность техники, поэтому высокое поднятие бедра не практикуется). Другой пример: в прыжках в высоту более высоко установленную планку при одинаковой высоте подъема ц.т.т. можно преодолеть, используя способ «фосбери», – по сравнению с другими способами, особенно перешагиванием («ножницы»), разница спортивного результата составляет десятки сантиметров.

Надежность – вероятность удачного (удовлетворяющего нас) осуществления СДД. *Вариабельность* – свойство техники, позволяющее варьировать ее адекватно ситуации. *Точность* (термин «громоздкий», но хорошо отображающий суть дела) – свойство техники при ее реализации обеспечивать нужную точность результата. *Комфортность* – свойство техники быть «удобной» спортсмену в процессе ее реализации.

В разных двигательных ситуациях целесообразно применять разные варианты техники СДД (рис. 3). *Основной* вариант – тот, который выбирается спортсменом в стандартной ситуации. *Надежностный* – в случаях, когда, пусть с допустимым ущербом для качества выполнения, важно обеспечить достаточную надежность выполнения двигательного задания. *Сочетательный* – целесообразный при сочетании рассматриваемого СДД с другими. *Адаптивный* – приспособительный к указанному в прилежащих к нему блоках. *Компенсаторный* – позволяющий компенсировать допущенную двигательную ошибку. «*Запредельный*» – вариант, актуализация которого вряд ли может быть удачной, но так как небольшой шанс удачи всё же есть, в определенных спортивных ситуациях целесообразно «отчаянно» рискнуть (по принципу «пан или пропал»). *Индивидуальный* – целесообразный в связи с индивидуальными особенностями спортсмена или соответствующий его желанию выполнить иначе, чем общепринято.



Рис. 3. Ситуативные варианты техники СДД

Биомеханический анализ должен, по возможности, включать и количественные, и качественные компоненты, желательно их системно связывать, умело выделяя более существенное от менее

существенного и стараясь последнее не учитывать, дабы избежать излишней, подчас непосильной сложности анализа.

Следует различать «последствия» и «последствие»: последствие – это тот результат, который проявляется в изменении двигательных возможностей или в появлении произвольных движений в результате осуществленного действия либо двигательной ошибки, тогда как следствие – негативный результат изменения отображаемых ситуаций реальных условий в результате ошибочно решенной задачи.

🔍 **Вопросы для самоконтроля**

1. На какие группы по характеру главной цели решаемых двигательных задач можно разбить все виды спорта?
2. В чем общие особенности максимальных видов спорта?
3. В чем заключается биомеханическая сущность и различия циклических и ациклических локомоций?
4. В чем общие особенности противоборств?
5. В чем общие особенности видов спорта с целевой кинематикой (целевыми морфоструктурами)?
6. В чем сущность других групп видов спорта (в соответствии с предлагаемой примерной классификацией)?
7. Каковы критерии эффективности техники СДД?
8. Каковы ситуативные варианты техники СДД, в чем их сущность?
9. Что такое последствие, как оно сказывается на двигательной активности?
10. В чем сущность понятий «последствия» и «последствия»?

ОСНОВЫ АНАЛИЗА СПОРТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

План лекции

1. *Анализ и автоанализ спортивной двигательной активности (СДА).*
2. *Анализ техники спортивных двигательных действий (СДД).*
3. *Интроспекция как метод анализа СДА.*
4. *Технология наблюдения и самонаблюдения для анализа реализации техники СДД.*
5. *Биомеханические измерения.*
6. *Технология анализа и автоанализа СДА.*
7. *Взаимосвязь техники и технологии СДД (их соединений) и тактики.*

9.1. Анализ и автоанализ спортивной двигательной активности (СДА)

Анализ СДА всегда состоит в мысленном разъятии ее на части, их изучении и последующем объединении, функциональной интеграции частей снова в целое – это всегда «анализ – синтез». Причем анализ частей проводится *непрерывно с учетом их роли в системном целом*. Здесь речь о методологических и общих технологических основах анализа СДА, а не о частностях, специфичных для разных видов спорта. О них речь в 10–12-й лекциях.

Начнем с того, что анализ СДА спортсмена, проводимый тренером, экспертом, товарищами по тренировке, зрителями), который дальше будем называть внешним анализом или просто «анализом», и анализ своей двигательной активности самим спортсменом (автоанализ) принципиально различны по трем причинам: 1) принципиально различаются сенсорные базы анализа; 2) индивидуально по-разному формируются восприятия и образы на основе получаемых даже сходных ощущений, что связано с раз-

личием психологического опыта и необходимостью для спортсмена сосредоточить основное внимание на решении двигательной задачи; 3) если речь о спортсмене и тренере, то значительно различаются их знания и умения – у спортсмена в автоанализе и у тренера во внешнем анализе. Поле рис. 1 разделено пунктирными линиями на 8 зон по типам восприятий, являющихся сенсорной базой для анализа систем телодвижений и движений.

При этом расхождения в самом процессе анализа обычно много больше, чем в выводах на его основе: сказывается сформированная обучением стереотипность мнений о должном осуществлении спортивных двигательных действий, согласованность представлений спортсменов и тренера. Такое сближение выводов важно для взаимопонимания, и потому тренер должен специально выстраивать наилучшее, наиболее полное целевое взаимопонимание со своим учеником, основанное на одинаковой интерпретации рассматриваемой СДА – несмотря на то, что сами соответствующие

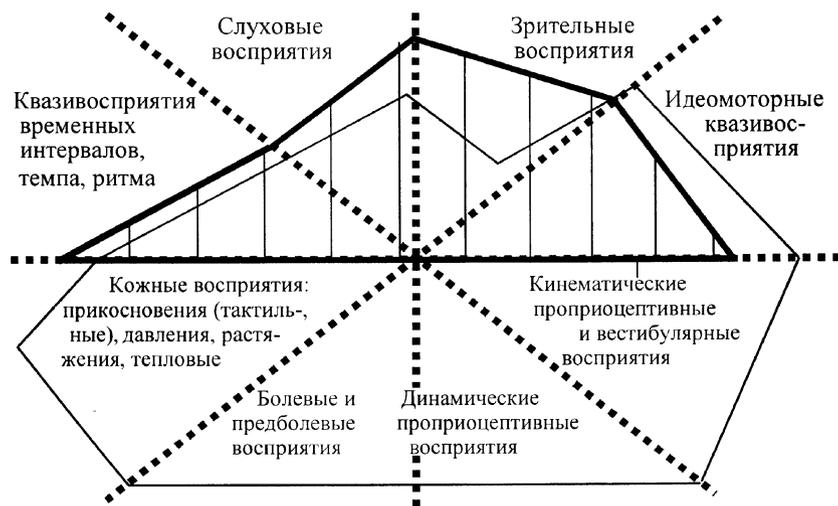


Рис. 1. Сенсорные базы анализа «со стороны» и автоанализа.

Ограниченный жирными линиями контур окаймляет сенсорные источники информации для «стороннего» анализа, ограниченный тонкими линиями – сенсорные источники информации для автоанализа. Жирным пунктиром разграничены (как сегменты пространства рисунка) сенсорные источники информации. Редкой вертикальной штриховкой отмечена зона совпадения модальностей информации

восприятия и образы у них очень разные. Но важно также, чтобы тренер как можно лучше понимал внутренние действия и невербальные (не выраженные словами) представления своих учеников – это обогащает тренера, дает ему дополнительные возможности в обучающем воздействии, что трудно сделать, если тренер малокомпетентен в такого рода работе с учениками.

Анализ выполнения упражнения тренером или спортсменом – практически всегда сравнительный анализ: то, что увидел, почувствовал сравнивают с тем, что ожидал увидеть, почувствовать и с тем, что следовало бы воспринять при «идеальном» выполнении (т.е. сличаются соответствующие мысленные модели).

Анализ может быть направлен как на технику СДД и ее актуализацию, так и на его технологию и ее актуализацию (рис. 2).



Рис. 2. Направленность качественного анализа СДД

Напомним, что под техникой СДД понимается схема системы телодвижений и движений, посредством которой спортсмен хотел, хочет или должен достигнуть желаемого двигательного результата. Под актуализацией техники – конкретная попытка осуществить эту систему (соответственно в конкретных условиях). Под технологией СДД понимается схема внутреннего действия, под актуализацией технологии – конкретная попытка осуществить внутреннее действие по этой схеме (в конкретных же условиях), т.е. само внутреннее действие. Соответствие актуализации технологии СДД его технике – мера соответствия реально осуществленного внутреннего действия и его компонентов технике СДД.

Как внешний качественный⁸ анализ, так и автоанализ осуществляются мыслительными процессами с использованием раз-

⁸ В качественном анализе, в противоположность количественному, используются не количественные, а содержательные (а также субъективно грубо определяемые количественно) характеристики техники, ее реализации и технологии СДД и их систем.

ных подходов и способов. Альтернативные компоненты качественного анализа спортивных двигательных задач (СДЗ) и их решения можно группировать по-разному. На рис. 3 показаны шесть способов выделения групп принципиально различных по сути компонентов внешнего анализа и автоанализа. Блоки, содержащие эти группы альтернативных подходов, на рисунке пронумерованы.



Рис. 3. Шесть способов выделения групп компонентов качественного внешнего анализа и автоанализа СДЗ и их решения

Блок 1. Различия во времени восприятия. *Ретроспективный* анализ опирается на воспоминание уже выполненного двигательного задания, *синхроспективный* – на наблюдение выполнения в данный момент. *Проспективный* анализ (упреждающий, т.е. анализ того, что предположительно произойдет) строится на экстраполяциях, аналогиях, вероятностных предположениях. Без проспективного анализа очень трудно проводить синхроспективный (как сказал И.П. Павлов, «если не знаешь, то и не увидишь»).

Блок 2. Различение по способу определения содержания рассматриваемого объекта. *Непосредственный* – по непосредственному восприятию, *реконструктивный* – основанный на реконструкции, осуществляемой частично по памяти, частично по реконструкции «экстраполяцией назад» (определение предшествующего как причины непосредственно наблюдаемого). *Конструктивный* – по мысленно сконструированному выполнению еще до реального наблюдения решения СДЗ, СДД, систем СДД.

Блок 3. Различение по способу определения содержания объекта, но в «другом ключе». *Прямой* – восприятие происходящего так, как мы его видим. *Идеомоторный* – определение содержания анализируемого объекта по идеомоторным представлениям. *Рефлексивный* – по результатам рефлексии: мысленного моделирования сущности рассматриваемого объекта.

Блок 4. По исходной позиции анализа. Сущность *детерминистского* компонента анализа в том, что анализирующий полагает: одно бесспорно и единственным образом вытекает из другого. *Вероятностный* заключается в том, что из известных причин могут вытекать разные последствия с определенной вероятностью каждого из них. Сущность *аналогического* в том, что следствие из уже известного определяется по аналогии с тем, что имело место при оправдавшемся анализе сходного объекта.

Блок 5. По выбранному пути логического рассуждения. *Индуктивный* – от частного, конкретного к обобщениям, закономерностям. *Дедуктивный* – от общего, от закономерностей к частному, конкретному. Каждый из этих путей рассуждения имеет свои достоинства и свои недостатки.

Блок 6. По применению знаний. *Догматический* состоит в том, что анализирующий принимает свое знание о каких-то фактах и результатах их воздействия за догму, за абсолютно достоверное, не нуждающееся в проверке. *Аксиоматический* – анализирующий считает известное ему об объекте абсолютно достоверным и делает строго логические выводы. *Интуитивный* – на основе неполной информации составляется представление об исходных данных и следствиях из них (по ассоциациям, аналогиям, образному сходству, по подсознательным выводам). *Эвристический* состоит в том, что на основании представляющихся правдоподобными сведений выводятся представляющиеся правдоподобными умозаключения.

Перечисленные компоненты анализа, по крайней мере большая часть из них, в той или иной степени присутствует в осуществлении анализа всеми тренерами или спортсменами. Другое дело, что они этого не осознают. Думается, осознание компонентов своего анализа спортивных двигательных задач, их решений, спортивных двигательных действий и их систем позволит сделать этот анализ или автоанализ более обоснованным и эффективным по использованию его результатов.

9.2. Анализ техники спортивных двигательных действий (СДД)

При анализе техники СДД нужно учитывать две взаимосвязанные, во многом сходные, но и существенно различные характеристики: 1) ее рациональность (выгодность для большинства спортсменов в штатных ситуациях, биомеханическая обоснованность) при реализации как модели системы телодвижений и движений для достижения желаемого двигательного результата; 2) ее целесообразность (выгодность для данного спортсмена в конкретной ситуации). В первом случае анализ опирается на закономерности механики и инвариантные механические, анатомические и физиологические характеристики человека, на правила вида спорта. Во втором при анализе учитываются текущие и вероятные оперативные двигательные управленческие возможности конкретного спортсмена (целевые знания, способность дифференцировать целевые восприятия, точность выполнения телодвижений, движений и др.), особенности его конкретных внешних и внутренних условий, моделирования ситуаций и др.

Количественный анализ опирается на результаты либо инструментальных, либо неинструментальных измерений. Нет смысла добиваться точности этих измерений, сколько-нибудь существенно превышающей доступную точность различений при анализе и доступную спортсмену точность осуществления телодвижений, движений и их систем. Поэтому техника СДД как модель системы телодвижений и движений совсем не должна быть идеально точной, ее допустимые параметры должны быть в некотором разумном диапазоне значений. Количественный анализ позволяет в меру наших биомеханических познаний корректировать технику в соответствии с условиями предстоящей ее реализации или утверждать ее рациональность (речь не о *процессе* реализации техники, а о *модели* системы телодвижений и движений, которую нужно реализовать).

Управление телодвижениями и движениями – это управление их скоростями (модулем и направлением). Основные варианты: управление при наличии опорных взаимодействий и при их отсутствии. При наличии опоры целевыми могут быть как опорные взаимодействия, так и управление взаимным расположением звеньев тела и другими телами (предметами). Поэтому активные

мышечные силы должны так войти в состав полной системы сил, приложенных к телу спортсмена, чтобы в результате нужным образом повлиять на телодвижения и движения. Движения всегда результат не только телодвижений, но и действия внешних сил (контактных и дистантных), приложенных ко всему телу (сила тяжести, сопротивление воды или воздуха) или к отдельным его звеньям (силы тяжести, опорные реакции, воздействия партнеров, противников и др.). Поэтому активные мышечные силы должны так войти в состав полной системы сил, приложенных к телу спортсмена, чтобы в результате нужным образом повлиять на телодвижения и движения. Это приобретается общим и специфическим двигательным опытом, а также отработанностью программы и механизмов двигательных регуляций (коррекций).

В количественном анализе нужно это учитывать количественно, определяя параметры телодвижений и движений тела, его звеньев, рабочей точки тела, для чего производить измерения.

Качественный анализ направлен на определение принципиального соответствия техники двигательных действий и ее реализации (актуализации) зависимостям механики, анатомии и физиологии, а также психологическим закономерностям. Он требует твердого знания этих закономерностей и умения прикладного их применения, а также знания рассматриваемых спортивных двигательных действий. Этот вид анализа может быть не связан с измерениями, хотя в нем можно по мере необходимости использовать данные измерений аналогичных двигательных действий, тела спортсмена, предметов (воздействующих на него и подвергающихся его активным воздействиям). Качественный анализ неразрывно связан с педагогическим смыслом рассматриваемой двигательной активности (СДА) и с требованиями к ней. Выводы часто можно ограничить решением «больше – меньше», «быстрее – медленнее», «выше – ниже», «значительно – немного» и т.п.

Сказанное нужно учитывать, анализируя технику СДД и их соединений. Но не только это. Нужно учитывать и «комфортность» варианта техники, в том числе – с точки зрения достаточности и своевременности получения нужной для управления СДА информации (обстановочной и, особенно, обратной связи). Пример: при выполнении сальто вперед чем «плотнее» группировка после отталкивания, тем больше скорость вращения (угловая скорость), что позволяет лучше его выполнить. Наклон головы вперед по-

звolyет плотнее группироваться и, к тому же, позволяет раньше увидеть место приземления и потому лучше его осуществить. А при выполнении сальто назад голову нужно наклонять назад тоже с целью раньше увидеть место приземления, хотя это и уменьшает плотность группировки, замедляя вращение. Потому что управление телодвижениями, а через него и движениями, в данном случае важнее механической целесообразности.

Конечно, предлагаемый вариант техники СДД должен быть посилен исполнителю, соответствовать его функциональным возможностям так, чтобы еще оставался функциональный резерв («запас») для компенсации неизбежных отклонений при актуализации техники и тем самым обеспечения приемлемой надежности выполнения двигательного задания.

9.3. Интроспекция как метод анализа СДА

Интроспекция – как бы вглядывание в самого себя, анализ своих внутренних двигательных и недвигательных действий. Она нужна и при анализе и при автоанализе, хотя принципиально по-разному. При автоанализе интроспекция спортсмена направлена на выявление своего восприятия двигательной активности (ее механического и психологического компонентов), тогда как при анализе тренер направляет свою интроспекцию на свое восприятие активности спортсмена. В обоих случаях интроспекция в значительной мере опирается на идеомоторное осуществление этой активности, но если спортсмен интроспектирует идеомоторное отображение *своей* активности, то тренер идеомоторно «переживает» активность *спортсмена*, как бы ставя себя на его место, «влезая в его шкуру». Ведь спортсмен анализирует процесс выполнения им двигательных актов в основном на базе тех восприятий и образов, которыми оно сопровождалось, а значит нужно их хорошо осознавать, да еще и ретранслировать тренеру, а это возможно только путем интроспекции.

Важно понимать, что интроспекции поддаются не только реально пережитые восприятия и образы, но и воображаемые, возникающие в ходе идеомоторного выполнения отдельных СДД и целых двигательных заданий. Тренер должен пытаться (тоже на основе идеомоторики) «пережить» за спортсмена восприятия и образы, которые, по его (тренера) мнению, переживал, пере-

живает или должен пережить спортсмен. Это позволяет обсуждать со спортсменом его внутренние действия и их реализацию. Интроспекция лежит в основе автоанализа, она «поставляет» для него материал, который затем оценивается с нужной позиции.

Интроспекция полнее и результативнее, если спортсмен уже в процессе своей двигательной активности старается «всмотреться» в нее, осознавать все в ней существенное, оценивая ее крупные компоненты и детали с точки зрения соответствия намеченному образцу. Это одно из средств качественного кинезиологического анализа СДА. Речь об анализе психической составляющей осуществления СДД, в которой очень много субъективного. Даже внешне одинаковое выполнение одного и того же СДД разными спортсменами по-разному осуществляется в их внутренних действиях. Сравнительный анализ внутреннего действия и его реализации (определяющей внешнее действие) может быть осуществлен только на базе интроспекции, с одной стороны, и внешнего действия – с другой, а также интраспективного сравнения внешнего действия с его «эталоном». Это позволяет корректировать внутреннее действие и его реализацию – а значит и внешнее действие, минимизируя его отклонение от «эталонного» выполнения.

Особая задача – адекватно выразить интроспективную информацию внутренней и внешней речью (вербально), сделав ее более понятной как самому себе, так и слушателю. Это не так просто, как может показаться: адекватно перевести образы (часто смутные) в хорошо соответствующие им слова и фразы – особое умение, которое нужно в себе развивать, упражняясь в этом. Это составная часть автоанализа, который не обязательно должен быть полным, завершенным: он может относиться к каким-то частностям, может быть рассчитан на пополнение его данных при анализе повторного выполнения такого же или сходного двигательного задания, может быть пополнен или скорректирован тренером.

9.4. Технология наблюдения и самонаблюдения для анализа реализации техники СДД

Чтобы хорошо анализировать реализацию техники СДД (и их совокупностей), нужно хорошо разглядеть основные (для намеченного анализа) крупные компоненты, детали и стилевые особенности выполняемой системы телодвижений и движений, для

чего выбрать нужную точку наблюдения: наилучшее направление и расстояние. Иногда приходится по ходу выполнения спортсменом упражнения 1–2 раза менять точку наблюдения. Разглядев, что нужно, и решив, что увидел и осознал верно, следует увиденное сравнить с задуманным образцом, понять последствия и причины выявленных отклонений. Это можно осуществить, если знаешь технику анализируемых двигательных действий и их соединений, а также если есть некоторый опыт наблюдений, желательно – выполнения аналогичного задания.

Очень важно предвидеть «на шаг вперед» ход выполнения двигательного задания: тогда лучше, точнее удастся разглядеть нужные компоненты (вспомним И.П. Павлова: «если не знаешь, то и не увидишь»). Чтобы понять, что чувствует спортсмен при выполнении задания, тренеру следует идеомоторно выполнять упражнение синхронно со спортсменом, притом представляя себя этим спортсменом («в его шкуре») – это помогает понять динамическую (усилия спортсмена) сторону телодвижений.

Конечно, легче (и результаты будут более достоверны) анализировать систему телодвижений и движений, если визуальное наблюдение сопровождается видеосъемкой, т.е. инструментальным наблюдением. Анализируя его, часто можно увидеть то, что не заметил, непосредственно наблюдая выполнение упражнений. Нередко это позволяет изменить произведенные оценки. Кроме того, по материалам видеосъемки можно определять кинематические характеристики (существуют такие программы).

Чтобы лучше понимать наблюдаемое выполнение СДД, нужно синхронно с ходом выполнения идеомоторно выполнять его «за спортсмена», т.е. представляя себя на его месте и с его двигательными возможностями. Это задача и тренера, и судьи, и квалифицированного зрителя. Желательно пытаться координированно и синхронно с наблюдаемым выполнением СДД представить себе и соответствующее внутреннее действие спортсмена.

Технология самонаблюдения существенно отлична от технологии наблюдения. Об этом уже было сказано в разделе 9.1. Следует только добавить, что спортсмен гораздо меньше, чем тренер или другой сторонний наблюдатель, пользуется визуальной (зрительной) информацией, он больше опирается на информацию проприоцептивную (получаемую от компонентов двигательного анализатора), а также на комплексное зрительно-

проприоцептивное образное восприятие. Кроме того, он все время сличает восприятия в ходе текущего выполнения с теми, которые были у него в предыдущих попытках выполнения того же СДД, а также соответствующие двигательные результаты. При этом он не может уделять анализу такое же внимание, как тренер: главная его задача – двигательное осуществление СДД.

9.5. Биомеханические измерения

Биомеханические измерения можно разделить на две большие группы: инструментальные и неинструментальные. Инструментальные измерения проводятся в основном в целях исследования реализации спортсменами техники двигательных действий и их соединений, что позволяет найти наилучшие ее варианты, обнаружить технические ошибки, находить пути их преодоления, определять параметры физических способностей и подготовленности. В практике спортивной подготовки и физического воспитания обычно применяют измерения лишь кинематических характеристик, используя самые простые инструментальные измерения: секундомер, рулетку, оптронные пары. Однако могут быть опосредованно использованы и фото- и видеокамеры: полученные материалы могут быть перенесены в компьютер и по определенной программе обработаны.

Производить измерения динамических характеристик двигательной активности сложнее, для этого приходится применять тензометрические устройства. Можно опосредованно определять динамические характеристики через кинематические (вторая, или обратная задача механики).

При неинструментальных измерениях также могут быть использованы фото- и видеокамеры, но уже просто как видеоматериал для визуального наблюдения и приблизительного оценивания пространственных, временных и пространственно-временных характеристик. Но в большинстве случаев применяется непосредственно визуальное («на глаз») приблизительное определение параметров различных кинематических характеристик.

Для обработки и сохранения данных инструментальных и неинструментальных измерений можно использовать компьютеры. Результаты измерений и их дополнительной обработки должны получить педагогическое осмысление, педагогическую интерпре-

тацию, для этого нужны биомеханические познания и знание спортивной техники и спортивной педагогики, а также специальный опыт в интерпретации прямых и косвенных (опосредованных) измерений. Об измерениях есть небольшой раздел в лекции 1.

9.6. Технология анализа и автоанализа СДА

Если техника – это «что делать?», то технология – это «как делать?». Технология анализа и автоанализа СДД различаются при качественном биомеханическом анализе, в частности в том, что образное представление об идеальном выполнении задания у спортсмена и тренера (другого наблюдателя) различны, и уже потому различны результаты сравнения представлений о том, что было реально сделано и что нужно было сделать. Различны и знания, определяющие педагогические оценки и выводы, которыми нужно завершать анализ. Но главное различие в том, что у спортсмена, выполняющего двигательное задание, афферентация совсем иная, чем у анализирующего со стороны: другая сенсорная база (см. рис. 1), другие способы ее афферентной обработки (у каждого индивидуума свои опыт, знания, ассоциации и т.д.).

Вообще, в качественном анализе высок субъективный компонент. При автоанализе спортсмен опирается как на полученные данные инструментального и неинструментального измерения, сообщенные ему, так и на свои наблюдения, в основном интроспективные. Следовательно, он должен владеть интраспективными методами. Это, во-первых, воспроизведение идеомоторной информации. Во-вторых, воспроизведение информации (получаемой самонаблюдением) о данных визуальных, проприоцептивных, кожно-сенсорных восприятий. В-третьих, оценивание данных самонаблюдений за своими эмоциональными переживаниями и мыслительными процессами (умозаключениями, решениями) по ходу выполнения двигательного задания.

Иногда целесообразно применять интегральный метод оценивания, если выполнение оценивается целиком, как нераздельное целое. Но чаще нужны дифференциальный (мысленно вычленив и отдельно оценивая один либо несколько компонентов выполнения) или дифференциально-интегральный методы (анализируя отдельно все существенные компоненты выполнения, а затем интегрируя их общей картиной либо логической оценкой).

При качественном биомеханическом анализе целесообразно рассматривать механоориентированные субдействия. Каждое из них опирается на одну конкретную механическую или биомеханическую закономерность (основной механизм). Чаще определяют кинематические характеристики, иногда по ним пытаются примерно определить динамические – 2-я (обратная) задача механики. Но нередко прибегают к определению кинематических характеристик по известным динамическим – 1-я (прямая) задача механики. Анализируя вращательные движения тела или его частей, нужно следить за изменениями их моментов инерции, поскольку это влечет за собой изменение скорости вращения.

Важное значение имеет учет зависимости «сила – скорость», особенно при опорных взаимодействиях (знание этой зависимости необходимо при анализе влияния маховых телодвижений, «стопора» при отталкивании, замахов, распределения скоростей телодвижений в биокинематической цепи – «цепи» взаимосвязанных звеньев тела, где скорости одних влияют на скорости других). В ряде случаев нужно анализировать управление дыханием.

Особый вопрос – об анализе двигательных ошибок. При этом следует понимать, что двигательная ошибка – это не любое отклонение от задуманной программы, а лишь такое, которое влечет (или должно повлечь) за собой снижение оценки результата выполнения двигательного задания. То, как будет отклонение оценено – как ошибка, как безобидное или даже полезное отклонение – зависит от специальных (целевых) представлений оценщика, от его оценки сформированной им ситуации, от его преднастроенности. Поэтому можно сказать, что двигательная ошибка существует *не в системе телодвижений и движений, а в оценке*, т.е. в сознании оценщика. Действительно, гимнаст может выполнять упражнение, по мнению судьи (определяемому правилами соревнований и его интерпретацией этих правил) с ошибкой, но гимнаст знает, что ошибки не было, что он выбрал наиболее целесообразный вариант исполнения, более надежный – снижающий риск срыва, и сделал это с учетом своего состояния. Такое различие объясняется различием позиций и функций. Так что отклонение – *в движениях*, а ошибка – *в сознании, результат оценивания*.

Анализировать можно не только реальную систему телодвижений и движений и технику как их заданную схему. Анализировать можно и нужно также и технологию СДД и ее реализацию, хотя

это уже не собственно спортивная биомеханика, а спортивная кинезиология. Нужно анализировать то, как спортсмен сам воспринимает своё выполнение упражнений. Это позволяет опытному тренеру корректировать процесс формирования соответствующих навыков и умений. Достоверность анализа СДД во многом зависит от специально спортивных, биомеханических и спортивно-педагогических знаний и опыта (практического спортивного и практики анализа). Особенности этих знаний и опыта в том, что в них должно быть «сплавлено», системно соединено полученное в практике и в теории.

Немалое значение имеет интуиция спортсмена и тренера, если приходится оценивать и принимать решения, руководствуясь именно ею (пониманием и рассуждениями на основе неполной, недостаточной информации). Интуиция часто помогает, но уверенно полагаться на нее нельзя – она нередко обманывает.

Для умения анализировать технику и технологию СДД много дает наблюдательность человека – постоянная, а не только в процессе специального наблюдения. Наблюдательность повышает количество усваиваемой и оцениваемой информации, позволяя накопить более обширный, разносторонний и достоверный опыт.

Анализировать можно саму по себе принятую к реализации технику СДД, т.е. схему системы телодвижений и движений, выполнение которых должно, по мнению того, кто ее принял, привести к желаемому двигательному результату. Такой анализ, в частности, нужен для того, чтобы разработать индивидуализированную под особенности двигательных возможностей конкретного спортсмена технику СДД, модифицировать технику СДД (например, адаптируя ее к конкретным нестандартным условиям или к особенностям противника), разработать технику СДД в случае, если она неизвестна спортсмену и тренеру, или если это СДД еще никем не выполнялось (т.е. нужно «сконструировать» само СДД).

Другая задача – анализировать выполнение СДД, причем это можно делать двояко: 1) как анализ увиденного; 2) как актуализацию известной заданной техники (второй вариант особенно важен в процессе освоения этой техники и обнаружения, осмысления и преодоления двигательных ошибок). В первом случае нужно мысленно сформировать предположительно реализуемую спортсменом технику СДД, сопоставить ее с тем вариантом тех-

ники, который субъект анализа считает образцовым или наиболее целесообразным в данном случае, а затем сопоставить с этими вариантами увиденное. Во втором случае техника известна заранее, и нужно сличать с ней увиденное, акцентируя внимание на отклонениях от нее и на причинах этих отклонений, а также на вариантах возможных компенсаторных действий.

9.7. Взаимосвязь техники, технологии СДД (и их соединений) и тактики

Связь между техникой и технологией СДД очевидна: технология формируется так, чтобы ее реализация «автоматически» вела к реализации (актуализации) техники. Нет другого способа правильно актуализировать технику СДД или их соединения, кроме как сформировав и актуализируя соответствующую технологию. Тренер должен своими советами помогать спортсмену формировать адекватную ситуации технологию и адекватно ситуации актуализировать ее.

Технология СДД (раздел 4.7) должна меняться в соответствии с внешними и внутренними условиями – они должны учитываться в технике СДД, а кроме того, влияют на афферентацию и на функционирование мышечного аппарата.

Например, в обстановке соревнований (особенно ответственных) человек волнуется, напрягается, в его кровь выходит значительное количество адреналина, что приводит к существенному снижению чувствительности всех анализаторных систем, кроме зрения и слуха, которые, наоборот, обостряются, меняются процессы преобразований, в том числе осмысления собранной информации. При этом ускоряются реакции, увеличивается сила и быстрота напряжения мышц – в какой-то мере непривычно для спортсмена. Поэтому технология СДД должна быть для соревнований иной, чем для тренировок. В частности, она должна быть направлена на повышенное внимание к восприятиям, чтобы компенсировать снижение чувствительности анализаторов.

Силу, точность и быстроту реакций меняет даже слегка болезненное состояние или грусть, утомление – как физическое, так и психическое, плотная еда и некоторые другие факторы.

Зависимость тактики спортивной двигательной активности и техники составляющих ее СДД обоюдная: тактика строится

в расчете на способность выполнять нужные для ее актуализации СДД и на уровень владения ими, а выбранные СДД и их техника формируются такими, чтобы их выполнение соответствовало намеченной тактике. Выбор и освоение тактики ориентированы на особенности технической подготовленности спортсмена (группы спортсменов), а осваивают они преимущественно те СДД, которые нужны для реализации выбранной тактики.

Конечно, и освоение и освоенность техники СДД (а значит и выбор тактики) зависят от функциональной подготовленности спортсмена, имея в виду как физическую функциональную подготовленность, так и психофизическую и психологическую. Про это важнейшее положение нередко забывают как при построении тренировочного процесса, так и при анализе спортивной двигательной активности спортсмена либо спортивной команды.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково содержание сенсорных баз спортсмена и тренера при анализе выполнения спортсменом упражнений?
2. Каковы основные положения анализа техники СДД?
3. В чем различие анализа техники и анализа ее реализации?
4. Что такое интроспекция, чем она полезна спортсмену?
5. Каковы технологии наблюдения и самонаблюдения выполнения СДЗ?
6. Каковы технологии анализа и автоанализа?
7. Что такое техника СДД?
8. Что такое технология СДД?
9. В чем значение технологии СДД?
10. В чем различие в анализе техники и технологии СДД?
11. Какова взаимосвязь техники и технологии СДД с тактикой?
12. Как влияет соревновательное возбуждение на управление спортсменом решением СДЗ?
13. Какова взаимосвязь техники СДД и тактики?
14. Какова взаимосвязь выбранного варианта техники СДД с функциональными возможностями спортсмена?

АНАЛИЗ БЕЗОПОРНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ СДД

План лекции

1. *Общие особенности безопорных периодов СДД.*
2. *Движение тела под дополнительным действием контактных сил.*
3. *Вращательные движения тела и его звеньев, системы тел.*
4. *Сложные движения.*
5. *Управление вращательным движением тела и его ориентацией в безопорном состоянии.*
6. *Безопорные периоды конкретных СДД.*
7. *Движение спортивных метательных снарядов.*
8. *Стационарные переместительные СДД.*
9. *Сохранение устойчивости своего и других тел, их системы.*
10. *Взаимодействия спортсмена с упругими снарядами.*
11. *Отталкивание ногами. Амортизация взаимодействий.*
12. *Силловые СДД с преодолением только тяжести своего тела.*
13. *Примеры анализа конкретной двигательной активности.*

10.1. Общие особенности безопорных периодов СДД

Безопорные периоды в биомеханическом плане характеризуются, прежде всего, подчинением законам: 1) сохранения импульса (количество движения $mv = const$) с добавлением, однако, еще и неизменной (постоянной) силы тяжести; 2) сохранения кинетического момента (момент количества движения $I\omega = const$); 3) сохранения энергии ($E = const$) с добавлением работы силы тяжести тела. Практически можно считать, что тело ведет себя как изолированная (консервативная) система. Поэтому биомеханический анализ безопорных периодов СДД должен, в первую очередь, опираться на эти законы. В частности, опираясь на закон сохранения кинетического момента можно активно управлять вращательным движением тела и его звеньев (об этом в разделе 10.5).

В безопорном состоянии центр масс тела перемещается по параболе: горизонтальная составляющая скорости неизменна (если сопротивлением воздуха пренебречь), а вертикальная изменяется с постоянным ускорением под действием силы земного тяготения. Если горизонтальная составляющая скорости равна 0, парабола «вырождается» в вертикальную прямую. Так происходит, например, в прыжках на батуте при выполнении «кача» – предварительных прыжков для набора нужной высоты, накопления телом энергии, нужной для начала выполнения комбинации прыжков), или при подпрыгивании вверх на месте.

Изменить движение общего центра масс тела (о.ц.м.т.) его внутренними силами невозможно, но если как-то воздействовать на тело внешними силами, в сумме не равными нулю, то, конечно, движение о.ц.м.т. изменится. Например, ветер изменяет траекторию летящего мяча. Тренер может рукой подтолкнуть тело акробата или гимнаста кверху при выполнении сальто, чтобы «поднять» его траекторию.

Если скорость тела относительно воздуха велика, нужно учитывать возникающую при этом силу лобового сопротивления и подъемную силу как внешние силы, меняющие движение о.ц.м.т. А при одновременно поступательном и вращательном движениях тела проявляется эффект Магнуса. Пример действия лобового сопротивления: уменьшение скорости мяча при так называемой планирующей подаче в волейболе до определенного порогового значения приводит к скачкообразному увеличению лобового сопротивления, в результате чего крутизна падения мяча резко возрастает. Примеры подъемной силы и эффекта Магнуса: полет планирующих снарядов, эффект толстого крыла, сущность удара «сухой лист» в футболе (раздел 7.5, рис. 2 и 3).

10.2. Движение тела под дополнительным действием контактных сил

При наличии опоры (опорное состояние тела) к закономерностям, проявляющимся при безопорном состоянии тела, добавляются закономерности, связанные с воздействием внешних сил: суммарный импульс приложенных сил определяет изменение линейной скорости тела, суммарный момент импульса приложенных сил определяет изменение кинетического момента (момента количества движения mv). Меняя позу, человек прилагает к опо-

ре силу (несколько сил), опора (согласно третьему закону механики) с такой же силой (силами) воздействует на тело человека. Эти внешние относительно тела человека силы могут оказывать на него и вращающее действие.

Отталкивание от опоры, т.е. формирование силы реакции опоры (опорной реакции), достигается таким изменением позы, при котором о.ц.м.т. должен удалиться от нее. Реакция опоры возникает и в случае активного препятствования приближению к ней тела, т.е. активного замедления имеющего место движения тела к опоре, и в случае притягивания к ней, т.е. при таком изменении позы, которое вызывает приближение о.ц.м.т. к ней (человек тянет опору к себе). Реакция опоры может быть результатом давления на нее тела человека и в статике, например, при противодействии опоры силе тяжести тела. Во всех этих случаях сила реакции опоры по величине равна силе воздействия тела на опору и противоположна ей по направлению (третий закон механики).

Сила реакции любого тела (даже легкого), на которое воздействует тело человека пассивно или активно, подобно реакции опоры, тоже внешняя по отношению к телу человека сила.

При контакте с опорой или любым другим телом возникающие воздействия на тело спортсмена могут быть представлены одной или несколькими силами. Кроме того, на тело действует сила тяжести. Каждая сила, помимо влияния на поступательное движение тела, влияет (если только ее линия действия не проходит через о.ц.м.т.) и на вращательное его движение. Это учитывается равнодействующей системы сил. Только в одном случае равнодействующая равна нулю, а вращающий момент есть: в случае, если действует только пара сил.

Внешней является также сила активного воздействия другого человека, других тел. Нужно иметь в виду, что эти силы, наряду с силой тяжести, активные, тогда как все реакции – пассивные силы, определяемые действием внутренних сил спортсмена.

10.3. Вращательные движения тела и его звеньев, системы тел

Вращение тела – это изменение ориентации его осей. Ввиду сложности и изменчивости формы тела, эти оси определяют условно и с большими погрешностями. Особенно трудно определить, хотя бы приблизительно, продольную ось тела. Проще это

сделать, если тело выпрямлено. В других случаях часто принимают за продольную ось прямую, проходящую через общий центр масс обеих ног и через общий центр масс остальных частей тела (рис. 1). Конечно, ошибка при этом очень велика. Но все же таким образом удастся приблизительно устанавливать угловую скорость и ускорение, а также величину поворота тела вокруг поперечной оси (обычно расположенной горизонтально), а значит, чаще всего, поворота в сагиттальной плоскости.

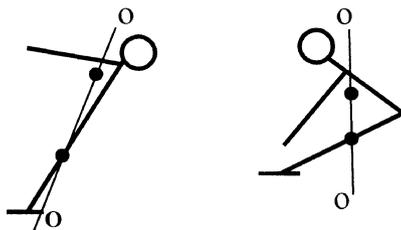


Рис. 1. Условная продольная ось OO тела человека.
Черные кружки – общие центры масс ног и остальных звеньев тела

Определить оси звеньев тела легче, чем общую ось тела, и сделать это можно точнее. К сожалению, в определении осей и характеристик вращения приходится ориентироваться на контрольные (референтные) точки на поверхности тела, что неизбежно ведет к ошибкам в расчетах. Правда, если тело поворачивается на большой угол, относительные (а обычно даже абсолютные) ошибки становятся значительно меньше.

Вращение звеньев тела – это суставные движения, т.е. телодвижения, изменяющие позу (поза – взаимное расположение звеньев тела). Меняя позу нужным образом (для этого есть 3 способа), можно менять ориентацию тела, его угловую скорость и ускорение – об это рассказано в разделе 10.5.

В опорном состоянии вращение тела часто полностью или в значительной мере определяется действием его силы тяжести (яркие соответствующие примеры: потеря устойчивости в стойке на одной ноге, большой оборот на гимнастической перекладине).

При вращательном движении линейные скорости точек тела различны: чем дальше расположена точка от оси вращения, тем больше ее линейная скорость при той же угловой ($v = \omega r$), у точек, лежащих на оси вращения линейная скорость равна 0.

Тело человека – система его звеньев, во вращательном движении их моменты инерции и кинетические моменты относительно выбранной общей оси векторно суммируются. При вращении системы тел векторно суммируются их моменты инерции и кинетические моменты относительно выбранной одной (общей для них) оси. Применительно к системе тел закон сохранения кинетического момента соблюдается точно так же, как он соблюдается для тела человека как системы звеньев. То есть тела, входящие в состав рассматриваемой системы, могут вращаться в одну сторону, в противоположные стороны, в разных направлениях.

При взаимодействии тел, находящихся в безопорном состоянии, одно из них может передавать другому то или иное количество движения (импульс) и тот или иной момент количества движения (кинетический момент), а значит и ту или иную кинетическую энергию (в соответствии с законами сохранения импульса, кинетического момента, энергии). Действие на тело центральной силы (ее линия действия проходит через центр масс тела) не изменяет его кинетический момент. Изменения поступательной скорости взаимодействующих тел обратно пропорциональны их массам, а изменения угловых скоростей обратно пропорциональны моментам инерции этих тел.

При взаимодействии с опорой кинетический момент тела изменяет *касательная* (тангенциальная) составляющая силы (перпендикулярная центральной силе, линия действия которой проходит через о.ц.м.т.).

10.4. Сложные движения

Тело может совершать сложные движения – иногда их называют (как представляется, неудачно) составными: это могут быть комбинации: 1) только поступательных движений; 2) только вращательных движений; 3) поступательных и вращательных движений. Согласно принципу независимости движений, скорости точек тела можно векторно суммировать. Во 2-м и 3-м случаях может оказаться, что определенная точка тела в некоторое мгновение оказывается неподвижной, так что остальные как бы вращаются вокруг нее. Такая точка называется мгновенным центром скоростей. Аналогично некоторая точка может перемещаться без ускорения, ее называют мгновенным центром ускорений.

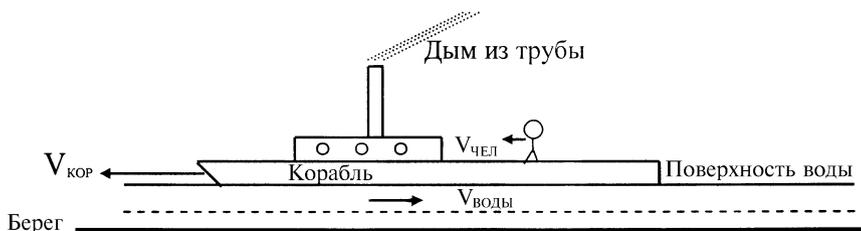


Рис. 2. Простой вариант сложного движения
(сочетание линейных скоростей):

*корабль плывет по реке, из трубы идет дым, по кораблю идет человек.
Сочетание вращательных или вращательных и поступательных движений
более сложны для расчетов*

В сложных движениях можно считать входящие в его состав движения одни – *переносными*, другие – *относительными*. Проиллюстрируем простым примером сочетание поступательных движений (рис. 2). Здесь стрелками показаны скорости корабля относительно воды, человека относительно корабля и скорость воды (она показана пунктиром, жирной сплошной – берег) относительно берега. Ветра нет. Скорость воды относительно берега – абсолютная и равна $v_{\text{воды}}$, а относительно корабля – относительная, равная $-v_{\text{кор}}$. Скорость корабля относительно берега (абсолютная его скорость) равна $v_{\text{кор}} + v_{\text{воды}}$, т.е. меньше $v_{\text{кор}}$ на абсолютное значение $v_{\text{воды}}$. Скорость дыма относительно берега (абсолютная скорость) равна 0 (ветра нет), а относительно корабля она равна $-v_{\text{кор}} + v_{\text{воды}}$. Скорость (абсолютная) человека относительно берега равна $v_{\text{чел}} + v_{\text{кор}} + v_{\text{воды}}$. Для скорости человека скорость корабля переносная, для скорости корабля – скорость воды переносная.

10.5. Управление вращательным движением тела и его ориентацией в безопорном состоянии

Приемы управления вращательным движением тела внутренними силами, т.е. телодвижениями (изменениями позы), с позиций механики можно разделить на 3 группы.

1. «*Встречные движения*». Если подпрыгнуть вверх и быстро поднять прямые ноги вперед, туловище наклонится вперед навстречу им. Опускание ног приведет к возвращению туловища в исходное вертикальное положение. Если в прыжке поднятые вперед руки быстро переместить вправо, остальное тело повер-

нется налево. Если успеете в том же прыжке вернуть руки в исходное положение, тем самым вернете в исходное положение и туловище. Подпрыгнув на батуте, немного согнитесь и совершите ногами конусообразное движение вправо – туловище вокруг его продольной оси повернется налево, т.е. вы измените ориентацию тела. Поскользнувшись и потеряв устойчивость в направлении назад, человек может восстановить вертикальное положение тела, резко взмахнув руками вперед.

Выполняя прыжок в длину с разбега, человек часто при отталкивании сообщает телу некоторое вращение вперед, из-за чего туловище к моменту приземления наклонится вперед, не позволяя поднять ноги вперед настолько, чтобы эффективно приземлиться, и тем снижая результат. Для удержания туловища в вертикальном положении спортсмены выполняют «ножницы» («бег по воздуху»). Биомеханическая суть «ножниц» в том, что движение прямой ноги назад вызывает значительное отклонение туловища назад, а движение вперед другой (согнутой) ноги вызывает раза в 3 меньший его наклон вперед (момент инерции согнутой ноги раза в 3 меньше, и потому во столько же раз меньше влияние ее движения на туловище). Таково же действие кругов руками сверху – вперед – вниз в сагиттальной (вертикальной передне-задней) плоскости.

2. *Изменение момента инерции относительно оси вращения.* Если телу придано вращение, то приближение масс тела к оси вращения, уменьшающее его момент инерции, во столько же раз увеличивает его скорость вращения (угловую скорость), а удаление, увеличивая момент инерции, – уменьшает. Поэтому при вращении тела вокруг поперечной оси оно ускоряется группированием, а раскрыванием группировки – снова замедляется. Фигуристы, выполняющие вращения или прыжки в несколько оборотов, приближают руки и ноги к продольной оси тела (вокруг которой оно вращается), тем самым ускоряя вращение. Отдаляя же руки и ноги (при «выезде», завершающем прыжок) – замедляют его, облегчая выполнение «выезда».

3. *«Трехосное» вращение.* При наличии вращательного движения тела вокруг горизонтальной поперечной оси тела можно, выводя (движениями руками во фронтальной плоскости) его продольную ось из плоскости вращения (по принципу «встречных движений»), распределить кинетический момент на 3 оси: 1) на

горизонтальную ось, относительно которой сохраняется вращение тела «по сальто»); 2) на продольную ось тела, вокруг которой возникает вращение («по винту», «по пируэту»); 3) на ось, вращающуюся вокруг горизонтальной оси в перпендикулярной ей плоскости, – вокруг этой оси возникает вращение продольной оси тела, описывающей 2 конусообразные поверхности (с вершинами в о.ц.м.т.). Именно таким приемом пользуются акробаты, гимнасты, батутисты, прыгуны в воду при выполнении «пируэтных» («винтовых») сальто (оборотов) – так можно добиться выполнения сальто (в прыжках в воду – оборотов) с 2–4 пируэтами.

10.6. Безопорные периоды конкретных СДД

Безопорные периоды имеются во многих спортивных двигательных действиях: в беговых шагах, во всех видах прыжков (легкоатлетических, акробатических, на батуте, в воду, на лыжах с трамплина, в фристайле, в баскетболе и волейболе) и подскоков, в соскоках с гимнастических снарядов, в подлетах и перелетах и др. Безопорный период есть у различных предметов в метаниях и во всех спортивных играх. Напомним, что траектория полета имеет форму параболы и, если не учитывать сопротивление воздуха, она полностью определена скоростью вылета, т.е. скоростью тела (его центра масс) в момент отрыва от опоры.

В безопорном состоянии тело перемещается либо поступательно (бег, прыжок в длину, прыжок на лыжах с трамплина, прыжки волейболистов при выполнении нападающего удара и т.п.), либо одновременно перемещается поступательно и вращается (легкоатлетический прыжок в высоту с разбега, акробатические прыжки и др.). В безопорном состоянии *только* вращаться тело человека не может в связи с действием на него силы тяжести.

Одна из важных проблем, возникающих при выполнении СДД – управление вращательным движением тела (о способах такого управления сказано в предыдущем параграфе). При этом можно различать два педагогически разных случая: 1) сохранение ориентации тела в безопорном состоянии; 2) управление изменением его ориентации – как величиной, так и скоростью этого изменения.

Напомним: примером сохранения ориентации тела может служить безопорная фаза прыжка в длину с разбега: движениями руками, а чаще всего и ногами («ножницы») сохраняется верти-

кальное положение туловища, что позволят эффективно выполнить приземление. Примером управления скоростью вращения тела может служить группирование или сгибание при выполнении сальто.

Иногда в безопорной фазе нужно сгибать руки или ноги (например, чтобы не задеть другое тело или точно войти в контакт с ним) или разгибать их, чтобы достать другое тело (например, при перелетах через гимнастическую перекладину или в ходе преодоления препятствий). При этом положение о.ц.м.т. в системе координат, соединенной с Землей, продолжает перемещаться по параболе, поскольку действует постоянная сила тяжести.

10.7. Движение спортивных метательных снарядов

При анализе полета тяжелых снарядов (ядра, молота, шайбы, хоккейного мяча либо мяча для гольфа) или человека сопротивлением воздуха можно пренебречь и считать, что они перемещаются по параболе (брошенные вертикально, они перемещаются по вертикальной прямой, в которую в таком случае «вырождается» парабола), отклонение от параболической траектории очень малое. Дальность полета определяется величиной скорости вылета и углом ее с горизонталью. Если точки вылета и приземления расположены на одной высоте, дальность полета $D = v^2 \times \sin 2\alpha / g$. Если точка вылета выше на h , дальность больше приблизительно на $h/tg\alpha$, где α – угол падения.

На траекторию таких снарядов как большие мячи, волан лобовое сопротивление воздействует заметно (примерно пропорционально квадрату скорости), существенно укорачивая горизонтальную составляющую траектории. Но в отдельных случаях при уменьшении скорости мяча до определенной величины лобовое сопротивление «скачком» возрастает, и мяч «ныряет» вниз («планирующая» подача в волейболе). Другая причина отклонений формы траектории от параболы – действие подъемной силы. Подъемная сила может возникать в связи с большим давлением воздуха на нижнюю поверхность снаряда, чем на верхнюю (см. рис. 3). При этом диск и копьё не меняют свою ориентацию в пространстве благодаря быстрому вращению: копьё – вокруг его продольной, диска – вокруг его поперечной оси. Но подъемная сила или противоположная ей может возникать и в соответствии с эффектом Магнуса (раздел 7.5).

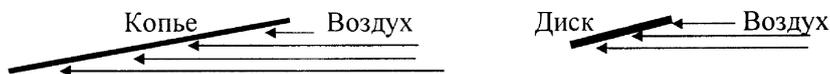


Рис. 3. Подъемная сила – результат лобового сопротивления воздуха

Эффект Магнуса – отклонение вращающегося тела в потоке воздуха (воды) из-за разности давлений на его противоположных сторонах. Особенно ярко это проявляется при вращении волейбольного, футбольного, теннисного мячей, а еще ярче – мяча для настольного тенниса. Сила трения поверхности мяча о воздух «затягивает» его струи, их путь становится длиннее, и потому скорость большей. А чем быстрее поток, тем давление в нем ниже, и мяч смещается в сторону более низкого давления (рис. 3, лекция 7). Эффект тем больше, чем больше линейная скорость тела, чем больше его угловая скорость, чем меньше его масса.

10.8. Стационарные переместительные СДД

Стационарные переместительные СДД – это СДД, выполняемые без перемены мест опоры. Это многие СДД в спортивной, художественной и ритмической гимнастике, групповой акробатике, тяжелой атлетике, пауэрлифтинге, армрестлинге, черлидинге. Одна из их важных особенностей – необходимость управлять устойчивостью своего тела, иногда других тел. Часть этих СДД сопряжена с большим и даже предельным напряжением мышц, притом с «переключением» (медленным, быстрым) с одних мышечных групп на другие, причем нередко одновременно нужно сохранять устойчивость своего тела. В СДД некоторых видов спорта к тому же важную роль играют эстетичность и экспрессивность поз и телодвижений.

Если требуются предельные напряжения определенных групп мышц, то чтобы они были как можно большими, обеспечивая желаемый двигательный результат, нужно сформировать адекватное системное напряжение мышц тела (не только опорное, но и стимулирующее) и нужным образом по ходу действия менять его. Это как бы фундамент для осуществления так называемых *фазных* напряжений мышц, т.е. таких напряжений, которые обес-

печивают выполнение целевых телодвижений и движений, составляющих суть выполняемого СДД.

Но чтобы хорошо управлять фазными напряжениями мышц, нужно предварительно, еще до начала целевых (направленных на достижение задуманного двигательного результата) телодвижений данного СДД, сформировать нужное *системное фоновое* напряжение мышц, принять наиболее целесообразную для выполнения предстоящей системы телодвижений рабочую позу, настроить двигательные «автоматизмы», сформировать нужную психологическую установку. Перечисленное объединяется понятием «*целевой фоновый функционал*» (ЦФФ) (функционал – функция от значений нескольких других функций).

Стационарность СДД (выполнение их без перемены места опоры) предполагает, что направление реакции опоры (силы, которая совместно с силой тяжести – преодолевая ее или оказывая ей сопротивление – управляет скоростью тела) близко к вертикальному. В ряде стационарных СДД перемещение о.ц.м.т. приблизительно вертикально – например, при выполнении силовых гимнастических и акробатических упражнений.

В спортивной гимнастике и акробатике можно стационарные СДД разделить на две большие группы: 1) статические и парастатические⁹ (это либо силовые упражнения, либо такие, в которых главное – сохранить устойчивость тела); 2) динамичные – связанные с быстрыми телодвижениями и движениями тела в целом. Выполняя динамичные действия, сохранять устойчивость труднее, поскольку отклонения центров масс звеньев тела происходят быстро, это вызывает появление значительных инерционных сил, так что управлять устойчивостью приходится не по замеченным отклонениям, а *по тенденциям к ним* и по *предварительному знанию* о развитии СДД. То же относится к сохранению устойчивости своего тела при малом размере площади опоры. Часто об этом не знают в практике спортивной подготовки, что затрудняет формирование навыков сохранения устойчивости своего тела. Еще более важно это при сохранении устойчивости своего тела на движущейся опоре. Жесткая связь с опорой (удерживающая опора) значительно облегчает задачу. Так, сохранять устойчивость

⁹ Парастатические – медленные, в связи с чем характер работы мышц сравнительно близок к статическому.

в стойке на руках на параллельных брусьях существенно легче, чем в стойке на руках на полу. Крепления на горных лыжах, фиксирующие ботинок, помогают избежать падений.

10.9. Сохранение устойчивости своего и других тел, их системы

Меру устойчивости твердого тела определить легко: нужно знать размеры площади опоры¹⁰, массу тела и расположение его о.ц.м. Если вертикальная проекция о.ц.м.т. находится в пределах площади опоры, а его скорость равна 0, твердое тело сохраняет устойчивость. Принято говорить о трех видах равновесия (рис. 4).

Каждое тело в потенциальном силовом поле «стремится» занять положение, в котором его потенциальная энергия минимальна. В поле тяготения Земли это положение, в котором его о.ц.м. занимает самое низкое положение. Это требование выполнено при устойчивом равновесии в том положении тела, которое изображено на рис. 4, положения 1–3 (тело в «потенциальной яме», т.е. у него наименьшая потенциальная энергия; любое изменение этого положения требует затраты энергии). Поэтому тело «сопротивляется» изменению положения, при котором потенциальная энергия минимальна. При неустойчивом равновесии нарисованное тело, занимающее положение (4), «стремится» упасть набок (4а – пунктирное изображение). При безразличном равновесии (5) о.ц.м.т. при любом положении тела расположен на одной и той же высоте, его потенциальная энергия при изменении положения тела не меняется, поэтому оно в любом положении не «стремится» изменить свое положение и не сопротивляется такому изменению.

¹⁰ Следует различать площадь опорной поверхности и площадь опоры: площадь опорной поверхности измеряется как площадь (или сумма площадей) фигуры (фигур), образуемой (образуемых) контактирующими поверхностями, а площадь опоры определяется размерами по интересующим нас направлениям фигуры, образованной прямыми, соединяющими «самые внешние» точки соприкосновения тела с опорой (так, площадь опоры стула определяется размерами фигуры, ограниченной прямыми, соединяющими точки соприкосновения ножек с полом, т.е., грубо говоря, квадратом, площадью 1600 см², а площадь опорной поверхности – сумма площадей опоры всех ножек, т.е. 15–30 см².

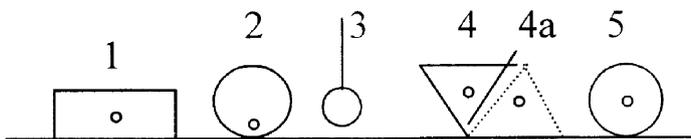


Рис. 4. Устойчивое равновесие:

- 1 – кирпич, 2 – неваляшка (черная бляшка внизу – свинцовый грузик),
 3 – тело подвешено. 4 – *неустойчивое* равновесие – брусок
 треугольного сечения стоит на ребре (4а – тот же брусок упал),
 5 – *безразличное* равновесие – шар. Центры масс показаны светлыми
 кружочками. Это справедливо для тел неизменяемой формы

Но это для тела неизменной формы. А тело человека состоит из звеньев, взаимное положение которых может меняться, т.е. тело может менять свою форму. И в стойке на ногах или руках человек стоит как бы на двух точках – соответственно голеностопных или лучезапястных суставов, т.е. аналогично треугольной призме, поставленной на ребро (4). Поэтому, чтобы не упасть, он вынужден сохранять высокое положение о.ц.м.т. напряжениями мышц («неустойчивое равновесие»), в связи с чем отображенная на рис. 4 механистическая концепция сохранения устойчивости тела применительно к человеку продуктивна лишь в отдельных достаточно редких схематических случаях.

Целесообразно применять предложенную автором более 40 лет назад функциональную концепцию сохранения устойчивости своего тела, основная сущность которой (рис. 5) состоит в том, что сохранение статической (стационарной – т.е. без перемены места опоры; позной – т.е. без существенного изменения позы)



Рис. 5. Функциональная концепция сохранения устойчивости своего тела.

ППУ – пространственное поле устойчивости (можно говорить и о поле восстанавливающих моментов, но здесь этот вопрос не рассматривается), *ПГ_{ППУ}* и *ЗГ_{ППУ}* – его передняя и задняя границы. *ПГ_{уз}* и *ЗГ_{уз}* – передняя и задняя границы «удобной зоны». *НЗ* – надежная зона, *ПГ_{НЗ}* и *ЗГ_{НЗ}* – ее передняя и задняя границы, *РТ* – рабочая точка

устойчивости тела возможно, если человек может развить восстанавливающий момент силы реакции опоры, равный опрокидывающему моменту силы тяжести тела, т.е. если это позволяют его функциональные возможности. Для простоты ограничимся рассмотрением передне-заднего (сагиттального) направления.

Поле устойчивости (ППУ) – понятие, принципиально отличающееся от понятия «площадь опоры». ППУ – горизонтально расположенная фигура, границы которой показывают, насколько далеко от центра этой фигуры можно расположить проекцию о.ц.м.т. (при равной нулю его горизонтальной скорости) и всё же не упасть. С позиций биомеханики эти границы характеризуют возможность человека развить восстанавливающий момент силы реакции опоры, такой же по величине, как опрокидывающий момент силы тяжести тела (но противоположно направленный): при этом сумма моментов сил $\Sigma M = 0$, что и является условием равновесия тела. А возможность эта зависит как от расстояния приложения равнодействующей силы давления на опору от центра ППУ, так и от величины вертикальной составляющей этой силы¹¹. Т.е. величина доступного человеку восстанавливающего момента зависит от его оперативных функциональных возможностей, а не только от геометрии тела и опоры. Поэтому концепция и названа функциональной.

Анализируя устойчивость тела, следует говорить об удерживающей и недерживающей опоре. Например, в стойке на руках на брусках передне-задний (сагиттальный) размер площади опоры примерно вдвое меньше, чем в стойке на руках на полу, а размер ППУ – в 1,5 раза больше. У горнолыжника и передняя, и задняя части ботинка прикреплены к лыже, и потому возможность в сохранении устойчивости тела в сагиттальном направлении значительно больше, чем у лыжника-гонщика, у которого ботинок закреплен только спереди. При удерживающей опоре функциональные (в данном случае – силовые) возможности сохранения устойчивости значительно больше. При недерживающей опоре эти возможности ограничены площадью опоры, а из-за функциональной недостаточности размеры ППУ чаще всего еще меньше.

¹¹ Конечно, здесь есть определенная условность: горизонтальная составляющая силы воздействия на опору тоже создает восстанавливающий момент (более 20 лет назад автором было предложено называть этот компонент взаимодействия с опорой «касательным» (или тангенциальным) опорным взаимодействием).

Обычно человек располагает вертикальную проекцию о.ц.м.т. на «безопасном» расстоянии от границ ППУ в некоторой зоне, в которой чувствует себя комфортно (не слишком напрягает мышцы) и в то же время достаточно уверенно сохраняет устойчивость своего тела. Это «удобная зона», ее переднюю и заднюю границы обозначим соответственно $ПГ_{уз}$ и $ЗГ_{уз}$. Проекция о.ц.м.т. в рассматриваемый момент – «рабочая точка» (РТ), она в норме расположена внутри удобной зоны, хотя может и выходить за ее пределы. Если в конкретный рассматриваемый момент человек стоит так, как ему удобно, проекцию о.ц.м.т. назовем «удобной точкой». Если же ситуация такова, что сохранение устойчивости представляет собой очень ответственную задачу (стойка на одной ноге, тем более на одной руке), человек старается стоять так, чтобы проекция о.ц.м.т. («надежная точка») не выходила за пределы гораздо более узкой зоны, заключенной между $ПГ_{нз}$ и $ЗГ_{нз}$ – передней и задней границами «надежной зоны», которая намного меньше удобной зоны и расположена приблизительно симметрично относительно середины ППУ.

Для сохранения устойчивости нужно не ждать, когда проекция о.ц.м.т. сместится рискованно близко к той или иной границе ПУ, а останавливать ее перемещение упреждающим развитием противодействующего восстанавливающего момента, т.е. давлением на опору со значительным смещением центра этого воздействия в сторону той границы ППУ, к которому движется проекция о.ц.м.т. Такое управление устойчивостью тем эффективнее, чем раньше человек обнаружит тенденцию к смещению о.ц.м.т. и среагирует на нее упреждающим противодействием. Если это сделать не удастся, нужно использовать телодвижения, вызывающие «касательные» опорные взаимодействия, направленные на остановку перемещения проекции о.ц.м.т. Наиболее эффективные телодвижения такого рода – сгибание тела в сторону падения, вызывающее давление в этом направлении на опору, сила реакции которой останавливает смещение о.ц.м.т. и возвращает его проекцию по направлению к середине ППУ.

На расположение в поле устойчивости удобной и даже надежной точек влияют сбивающие факторы, и нередко это ведет к существенному снижению устойчивости тела. Так, наклон головы вперед влечет за собой неосознаваемое смещение рабочей точки вперед, поднимание головы (тем более ее наклон назад) – смеще-

ние рабочей точки назад. Поворот головы влечет за собой неосознанное смещение рабочей точки в противоположную сторону. Значительное смещение вертикальной проекции о.ц.м.т. (тем более, если оно вызвано внешним воздействием, например толчком) вызывает последующее неосознанное смещение ее в другую сторону. Мысль об обязательном предстоящем движении в какую-либо сторону вызывает неосознанное смещение тела (и проекции о.ц.м.т.) в ту же сторону, иногда даже настолько значительное, что нарушает устойчивость тела.

Если нарушена устойчивость тела, а изменить место опоры нельзя, восстановить устойчивость можно, используя два типа приемов (отдельно каждый или оба вместе): 1) выполнить руками быстрые дуги или круги в том же направлении вращения, что и вращение теряющего устойчивость тела (принцип «встречных движений» – по закону сохранения кинетического момента), тело (кроме рук) повернется в обратную сторону и устойчивость восстановится; 2) энергично согнуть тело в ту сторону, в которую нарушена устойчивость – при этом возникает давление на опору в сторону падения тела, и направленная противоположно реакция опоры способствует возвращению тела в устойчивое положение.

При выполнении стойки на руках на бревне продольно (плечевая ось параллельна продольной оси бревна) ширина бревна (10 см) недостаточна для нормальной опоры (длина кисти 15–18 см). Поэтому две (а то и три) концевые фаланги пальцев не помещаются на верхней поверхности бревна и спускаются на его боковую поверхность. Сагиттальный размер ППУ при такой постановке рук невелик. Значительно больше он оказывается, если опора о верхнюю поверхность бревна осуществляется только небольшим (2,5–4 см) проксимальным участком каждой ладони, так что кисти почти полностью расположены у боковой поверхности бревна, причем опираться на нее нужно лишь концами слегка согнутых пальцев. Площадь опоры (проекция границ опорной поверхности на горизонтальную плоскость) при этом ничтожна, но ППУ почти такое же, как в стойке на руках на полу, и проекция о.ц.м.т. без потери телом устойчивости может выходить вперед за пределы площади опоры (что лишний раз свидетельствует о непригодности механистической концепции сохранения устойчивости тела применительно к телу человека).

10.10. Взаимодействия спортсмена с упругими снарядами

Механическое воздействие на упругое тело деформирует его, тем самым накапливая в нем упругую энергию (это потенциальная энергия $E_{\text{пот}} = cd^2/2$, где c – коэффициент жесткости упругого тела, d – величина деформации). Эту энергию спортсмен может получить «обратно» при восстановлении телом исходной формы. Яркий пример – прыжки на батуте: отталкиваясь, спортсмен отжимает сетку книзу, растягивая пружины, которыми она прикреплена к раме. Восстанавливая форму, пружины натягивают сетку и подбрасывают спортсмена вверх. Каждым новым отталкиванием спортсмен вносит дополнительную энергию, поэтому прыгает всё выше – до предела, при котором вносимая энергия лишь компенсирует потери упругой энергии батута (упругое тело никогда не отдает всю энергию, затраченную на деформацию). Значительно меньшая, но всё же существенная упругость свойственна и тартановой дорожке, и гимнастическим помосту, мостику для прыжков, брусьям и перекладине, и лыжам, и веслам.

При этом необходимо согласовать фазы отталкивания с фазой колебания упругого тела (с учетом продолжающегося взаимодействия с телом спортсмена), т.е. с фазой восстановления его формы. Если колебания не такие медленные, как колебания сетки батута, а быстрые, нужно чтобы частота собственных колебаний тела совпала с частотой колебаний упругого тела. Это достигается как выполнением движений «в такт», т.е. максимум нажима на батут и выпрямление ног должны совпасть с максимумом деформации сетки, так и определенным системным напряжением мышц тела спортсмена, «настраивающим» собственные колебания тела на частоту, соответствующую частоте собственных колебаний системы «тело спортсмена – упругий снаряд». Тогда проявляется резонансный эффект. В противном случае отдача батутом энергии телу спортсмена уменьшается, даже вплоть до 0.

На примере прыжков на батуте можно наглядно рассмотреть переходы механической энергии из одного ее вида в другой (рис. 6).

В каждом из показанных положений шара он обладает потенциальной энергией в поле тяготения Земли $E_{\text{пт}}$, соответствующей высоте шара над полом. Между его положениями 2 и 3 он продолжает ускоряться, но всё меньше, и ускорение в точке 3 равно 0.

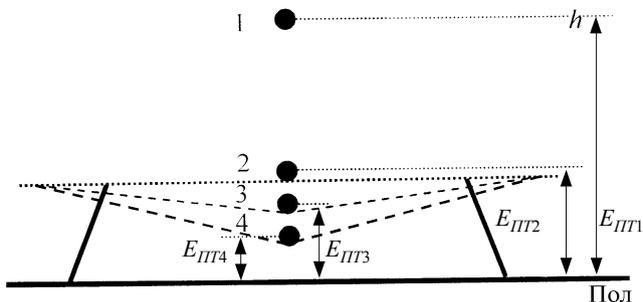


Рис. 6. Тяжелый шар падает на батут (его рама не показана) с высоты h над уровнем пола. Положения шара пронумерованы.

Состояния сетки: не деформирована; ----- деформирована настолько, что ее сопротивление шару равно его весу; - - - - - максимально деформирована, движение шара вниз остановлено

Его потенциальная энергия в поле тяготения Земли $E_{пт3}$ стала меньше примерно втрое, она перешла частично в потенциальную энергию упругих сил амортизаторов батута, а в большей части в кинетическую энергию шара $E_{кин}$, которая в этой точке максимальна, поскольку максимальна скорость его падения ($E_{кин} = mv^2$). Между положениями шара 3 и 4 скорость его падения (а значит – и его кинетическая энергия) падает до 0, вся кинетическая энергия и часть потенциальной тяготения Земли ($\Delta E_{пт} = E_{пт3} - E_{пт4}$) переходят в потенциальную энергию деформации амортизаторов батута.

Затем начинается обратное движение шара (его подъем) под действием упругих сил батута: потенциальная энергия его растянутых амортизаторов к достижению шаром положения 2 переходит в его кинетическую и потенциальную ($E_{пт}$) энергию, сама становясь равной 0. Кинетическая энергия шара достигает максимума в положении 2, затем она, по мере его подъема, постепенно переходит в $E_{пт}$. Если бы не было неизбежных в реальности потерь энергии, шар поднялся бы на исходную высоту h , где потенциальная энергия вернулась бы к максимуму ($E_{пт1} = mgh$), а кинетическая к 0.

Аналогичные преобразования энергии происходят (хотя и не столь наглядно) при силовом контакте с любыми упругими телами.

10.11. Отталкивание ногами. Амортизация взаимодействий

Отталкивание ногами происходит в результате их выпрямления, вызывающего давление на опору. Опора «отвечает» противоположно направленной силой реакции, которая является внешней относительно тела человека силой. Векторная (геометрическая) сумма импульса этой силы и других приложенных к телу человека внешних сил (среди которых обязательно сила тяжести тела) определяет изменение скорости его о.ц.м.т.

Если отталкивание ногами сопровождается махом руками вверх, ускоренное движение рук дополнительно «загружает» ноги, из-за чего их распрямление, невзирая на предельное напряжение мышц, происходит медленнее, а значит и дольше. В соответствии с зависимостью «сила – скорость» (см. раздел 2.5), замедление разгибания ног позволяет развить большую силу при отталкивании, так что импульс силы отталкивания Ft возрастет за счет увеличения как силы F , так и времени отталкивания t . В этом суть полезного эффекта любых маховых движений при отталкивании от опоры или притягивании к ней.

Механическая сущность амортизации («смягчения») любых механических взаимодействий человека с другими телами, в том числе с опорой при приземлении, состоит в следующем. Нужно остановить движущееся тело, т.е. уменьшить его скорость, а значит и его импульс (количество движения) до нуля, для чего развить соответствующий – в соответствии со вторым законом механики, равный и противоположно направленный импульс силы Ft . Увеличивая продолжительность взаимодействия увеличением времени амортизации, человек тем самым пропорционально уменьшает силу взаимодействия – «смягчает» его. Можно объяснить иначе: увеличивая путь амортизации, человек выполняет работу, сводящую к нулю кинетическую энергию тела (т.е. оставившуюся) пропорционально меньшей силой.

Увеличение амортизационного пути человек достигает либо увеличением размаха¹² уступающих телодвижений, либо ис-

¹² Вместо термина «размах» часто применяют термин «амплитуда» – это научно некорректно: амплитуда – при колебаниях отклонение в одну из сторон от нейтрального положения, сумма противоположно направленных амплитуд в смежных отклонениях – размах).

пользованием мягкой, «уступчивой» опоры (поролон, песок, сетка батута, вода и др.). При этом намного меньше сила реакции опоры.

10.12. Силовые СДД с преодолением только тяжести своего тела

Простейшие варианты – подтягивание, сгибание и выпрямление рук (одной руки) в упоре лежа, удержание «угла» в вися или в упоре, приседание на одной ноге, на двух со штангой на плечах. Это медленные телодвижения, сопряженные с большими усилиями (психическими детерминантами, стимулирующими соответствующую импульсацию нужных мышц). Трудность таких упражнений в развитии значительного, вплоть до предельного, напряжения мышц. То же и в более трудных спортивных упражнениях: выжимании стойки на руках, где, правда, немалую трудность составляет и сохранение устойчивости тела, а также силовой подъем из виса на кольцах в «крест», из «креста» в упор и др., в том числе упражнения в уступающем режиме – разного рода силовые опускания. Они легче аналогичных подъемов: в уступающем телодвижении предельная сила больше).

Другая группа силовых упражнений с преодолением тяжести своего тела – трудные статические упражнения спортивной гимнастики и групповой акробатики. В них приходится преодолевать значительный момент силы тяжести тела, действующий на значительном плече относительно оси работающего сустава (обычно относительно осей плечевых суставов). Эти упражнения: обычный или вниз головой «крест» и «самолет» на кольцах, горизонтальные упор и вис, «флаг» и др. Такие положения нужно удерживать 2–3 с, но, кроме того, еще и привести тело в заданное положение, причем (так легче) сделать это медленно.

❓ Вопросы для самоконтроля

1. Каковы общие особенности безопорных периодов СДД?
2. Как осуществляется сообщение телу нужного движения при контакте с опорой?
3. Как осуществляются вращательные движения тела и его звеньев, системы тел?
4. Что такое сложные (составные) движения?

5. Как управлять вращательным движением тела и его ориентацией в пространстве в безопорном состоянии? Каково содержание трех применяемых для этого способов?
6. Как управлять вращением своего тела в опорном состоянии?
7. Каковы особенности движения спортивных метательных снарядов?
8. Каковы особенности стационарных переместительных СДД?
9. В чем сущность механистической концепции устойчивости тела?
10. В чем сущность функциональной концепции сохранения устойчивости своего тела?
11. В чем особенности взаимодействия спортсмена с упругими снарядами?
12. В чем биомеханическая сущность отталкивания? .
13. В чем биомеханическая сущность амортизации взаимодействий?
14. В чем особенности силовых СДД с преодолением только тяжести своего тела?

ЛОКОМОЦИИ. ПЕРЕМЕЩАЮЩИЕ СДД

План лекции

1. *Общие положения.*
2. *Анализ бега и прыжков.*
3. *Анализ СДД других типов.*

11.1. Общие положения

Локомоции – СДД, цель которых – активное перемещение всего тела субъекта действий. Локомоции можно (условно) делить на: 1) *горизонтальные* – ходьба, бег, передвижения на лыжах, коньках, велосипеде, плавание и гребля, разные прыжки в длину, передвижение на руках и по-пластунски (условно, поскольку движущая энергия в основном получена пассивным скольжением по наклонной дорожке разгона, сюда можно причислить прыжки на лыжах с трамплина и горнолыжные виды); 2) *вертикальные* – разные прыжки в высоту, ныряние в глубину, скалолазание, лазание по шесту или канату. Локомоции делят на циклические (состоящие из повторяющихся циклов телодвижений), ациклические (без повторяющихся циклов) и смешанные.

Горизонтальные локомоции естественно делить на шагательные (имея в виду ходьбу и бег), прыжковые, скольжение, плавательные, гребные. Вертикальные – на прыжки (прыжковые), ныряние, лазание.

Анализируя циклические локомоции, нужно иметь в виду, что произведение величины перемещения в каждом цикле и частоты этих циклов (количества их в единицу времени) определяет скорость перемещения тела, поэтому важно найти индивидуально наиболее целесообразное сочетание значений этих параметров, чтобы добиться наилучшего результата. Этот микротактический элемент хотя и не из главных компонентов техники циклических локомоций, но ему следует уделять серьезное внимание, поскольку оптимальное соотношение, во-первых, достигается определен-

ным трудом, а во-вторых – это соотношение должно варьировать в зависимости как от дистанции, так и от оперативного функционального состояния спортсмена. Оптимизировать такое варьирование тоже совсем непросто.

Циклические локомоции логично делить на зависящие от анаэробной, анаэробно-аэробной и аэробной производительности организма (условно: спринтерские, средние и стайерские). В анаэробных добиваются возможно более высокой механической производительности (наибольшей мощности – а значит наибольшей скорости), в аэробных – такой мощности (и скорости), которая позволила бы выдержать длительную работу и преодолеть заданную дистанцию за наименьшее время. Поэтому в спринтерском беге спортсмен высоко поднимает бедра – это большой расход энергии, но в спринте нет надобности ее экономить, зато такое маховое движение позволяет сильнее оттолкнуться другой ногой. А в стайерском беге бедра высоко не поднимают, экономя энергию.

Прыжки в длину и в высоту с разбега относятся к смешанным локомоциям (разбег – циклическое действие, собственно прыжок – ациклическое). Отталкивание в этих прыжках выполняется различно: в длину с незначительным «стопором» (как бы беговым шагом, чтобы сохранить горизонтальную скорость тела; однако некоторый «стопор» нужен, чтобы обеспечить высоту полета тела, а значит и длительность фазы полета), в высоту с выраженным «стопором», позволяющим значительно увеличить импульс силы отталкивания.

В практике физического воспитания и спорта очень важен анализ конкретного выполнения двигательного задания и допущенных конкретных двигательных ошибок. Естественно, каждому виду спорта свойственны свои задания и свои ошибки. В курс биомеханики не входит анализ техники всех видов локомоций – это входит в содержание курсов теории и методики соответствующих видов спорта. Здесь рассмотрим лишь некоторые общие для групп «родственных» СДД положения и отдельные примеры.

11.2. Анализ бега и прыжков

Бег. В спринте применяют низкий старт, позволяющий быстро развить предельную скорость. Это достигается большой силой давления ногами на стартовые колодки. Но это создает

большой вращающий момент относительно о.ц.м.т. (на рис. 1 – точка Ц) горизонтальной составляющей сил реакции опоры F_{1z} и F_{2z} на отталкивание ногами (рис. 1), опрокидывающий тело назад, и соответствующие моменты вертикальных составляющих тех же сил и силы тяжести относительно Ц, опрокидывающие тело вперед. Нужно добиваться равенства суммы этих моментов нулю ($\Sigma M_F = 0$), чтобы тело сохраняло ориентацию в пространстве. При предельной силе отталкивания (чтобы добиться предельного ускорения тела) это достигается направлением силы отталкивания, что в свою очередь в основном определяется наклоном тела. Необходимо учитывать: вертикальное ускорение о.ц.м.т. $a = (\Sigma F - P)/m$, и потому ΣF должна лишь немного превышать P , иначе наклон тела слишком быстро уменьшится, возрастет плечо сил F_z (а значит и их опрокидывающий тело назад вращающий момент), а противуположно направленный момент ΣF уменьшится. Из-за этого придется уменьшить горизонтальную составляющую отталкивания, т.е. уменьшить направленное вперед ускорение тела. В результате предельная скорость будет достигнута позднее. Сказанное относится в полной мере и к первым беговым шагам (рис. 1, в). Раннее уменьшение наклона снижает эффективность старта.

Следует иметь в виду, даже подсознательно ощутив потерю динамической устойчивости тела – спортсмен ощущает это до-

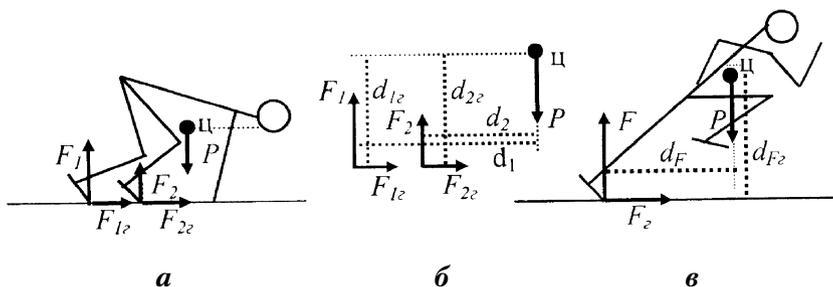


Рис. 1. Старт в спринте:

а – и.п.: F_1 и F_2 – вертикальные составляющие сил реакции опоры, F_{1z} и F_{2z} – их горизонтальные составляющие, P – сила тяжести тела, Ц – о.ц.м.т.; **б** – схема сил, показанных на рис. 1, **а**: d_{1z} и d_{2z} – плечи сил F_{1z} и F_{2z} , d_1 и d_2 – плечи сил F_1 и F_2 ; **в** – начало 1-го шага: F и F_z – вертикальная и горизонтальная составляющие реакции опоры, Ц – о.ц.м.т., P – сила тяжести тела, d_F и d_{Fz} – плечи сил реакции F и F_z относительно Ц

вольно тонко – он подсознательно соответственно уменьшает величину горизонтальной составляющей отталкивания, а значит из-за этого теряет в скорости.

В беге по дистанции отталкивание ногами производится так, чтобы по возможности не терялась горизонтальная скорость тела. При спринтерском беге для этого бегун ставит ногу на опору близко к вертикальной проекции о.ц.м.т., движение стопы назад относительно о.ц.м.т. должно быть по возможности равным по модулю его скорости относительно беговой дорожки, чтобы минимизировать тормозящий импульс силы реакции опоры.

В спринтерском беге нужно добиваться по возможности большей частоты шагов, в то же время по возможности меньше укорачивая шаги. Это достигается «захлестом» и «выхлестом» голени. «Захлест» – это быстрое максимальное сгибание голени отведенной назад ноги после завершения ею отталкивания. Это действие приводит к перерастягиванию двухсуставной прямой мышцы бедра (длинной головки четырехглавой мышцы бедра), которая поэтому быстро разгоняет бедро вперед. «Выхлест» голени – быстрое разгибание голени маховой ноги после подъема бедра, эти два совместных действия перерастягивают двухсуставную двуглавую мышцу бедра, что ускоряет опускание ноги.

Прыжки в длину с разбега. При отталкивании желателно по возможности меньше снижать достигнутую в разбеге горизонтальную составляющую скорости и, вместе с тем, посылнее оттолкнуться вверх, поскольку импульс силы отталкивания определяет высоту подъема о.ц.м.т., а значит и время полета (дальность прыжка равна произведению горизонтальной составляющей скорости тела и времени полета плюс расстояние от проекции о.ц.м.т. до задней границы следа в песке).

Чтобы выше выпрыгнуть, нужно повисить степень «стопорения» – с разбега «упора», «натъкания» на толчковую ногу: это позволяет в процессе амортизации развить большее напряжение мышц (в уступающем режиме предельная сила больше), тем самым добиться большей скорости вылета вверх, увеличивая высоту ($h = v^2/2g$), а значит и время полета, но стопорение в то же время снижает горизонтальную составляющую скорости. Каждый должен найти выгодное для него соотношение выигрыша во времени полета и потери горизонтальной составляющей скорости тела. Условно различают 2 стиля отталкивания: «силовой» и «скоростной»: при одинаковом по потере скорости стопорении

прыгуны с более сильными ногами развивают бóльшую вертикальную составляющую импульса силы и потому бóльшую вертикальную составляющую скорости о.ц.м.т., обеспечивая большее время t полета (дальность горизонтального перемещения о.ц.м.т. в фазе полета $D = v_x \times t$).

Увеличению высоты полета независимо от стопорения способствуют маховые движения ног и руками: они реактивно дополнительно «загружают» толчковую ногу, чем замедляют ее предельно быстрое разгибание, а значит, в соответствии с зависимостью «сила – скорость», увеличивают предельное напряжение ее мышц и вместе с тем время отталкивания, и этим увеличивают импульс силы Ft отталкивания (больше как F , так и t).

Цель телодвижений в фазе полета – обеспечить эффективное приземление, т.е. чтобы задняя граница следа тела оказалась как можно дальше от места отталкивания. Активные действия при приземлении служат той же цели.

Поскольку планировать решение каждой задачи логично «с конца»: намечать схему решения, последовательно идя от желаемого результата «назад» к исходной ситуации – начнем с обсуждения действий при приземлении.

1. Желательно коснуться песка ногами как можно дальше, но при этом сохранить возможность не касаться песка тазом, спиной, руками позади задней границы следа ног. Чем больше горизонтальная составляющая скорости о.ц.м.т. прыгуна и скорость его вращения вперед, тем дальше при прочих равных условиях можно коснуться ногами песка. Но чтобы поднять ноги вперед почти до горизонтального положения, нужно, чтобы в момент до начала их движения вперед туловище было расположено горизонтально: поднятие ног вперед влечет за собой наклон туловища («встречные движения»).

2. При пассивном приземлении прыгун поднимает ноги в желаемое положение и после некоторого погружения их в песок сгибает в коленях, стараясь *не препятствовать* приближению таза к стопам. Активное же приземление может осуществляться тремя вариантами: 1) постановка ног «ударом», направленным вниз с последующим давлением ими тоже вниз, тем самым замедляя движение вниз о.ц.м.т. прыгуна; 2) то же, но еще и с энергичным «загребающим» движением, осуществляемым быстрым активным сгибанием ног в коленях, что уменьшает горизонтальную состав-

ляющую реакции опоры, тормозящую продвижение тела прыгуна вперед (а в лучшем случае еще и создает некоторую направленную вперед составляющую реакции опоры, увеличивающую горизонтальную скорость тела).

3. При этом вращающий момент реакции опоры оказывает опрокидывающее назад действие, мешая вставанию. Но положительный эффект уменьшения горизонтальной составляющей реакции опоры (препятствия продвижению тела прыгуна вперед), а тем более эффект в случае направленной вперед реакции опоры – существенно больше. Возникновение при активном приземлении момента, вращающего тело назад, требует более выраженного вращения тела вперед в фазе полета – большего кинетического момента. Чтобы из-за него туловище в полете не наклонилось вперед (что помешало бы достаточно высоко поднять ноги для приземления), необходимо при этом вращать в том же направлении руки, а если этого недостаточно – совершать еще и «беговые» движения ногами. Если же кинетический момент очень мал или отсутствует, такие движения приведут к повороту туловища назад и при приземлении таз и спина прыгуна оставят на песке след, задняя граница которого окажется позади соответствующей границы следа ног, т.е. будет значительный проигрыш в результате, иногда до полуметра.

В момент приземления большой кинетический момент тела дает преимущество, позволяя далеко вперед вынести ноги и, тем не менее, не коснуться туловищем песка сзади следа ног. Вращение тела вперед возникает при отталкивании: ведь в ходе него тело немного поворачивается вокруг места опоры носком опорной ноги, т.е. возникает его вращение вперед. Если позволить телу вращаться в соответствии с приобретенным им в процессе отталкивания кинетическим моментом ($K = I \times \omega$), туловище наклонится вперед и нельзя будет в нужной мере поднять ноги для рационального приземления. Вращение тела в полете подчиняется закону сохранения кинетического момента ($K = const$), и во избежание наклона туловища вперед нужно вращать вперед другие звенья тела с расчетом, чтобы их суммарный кинетический момент был равен кинетическому моменту всего тела. Тогда к туловищу оказывается приложенным реактивный вращающий момент, направленный противоположно вращению туловища, и оно сохраняет нужное для приземления вертикальное положение.

Если приобретенный телом прыгуна кинетический момент был незначителен, достаточно выполнить круги вперед руками, а ноги согнуть в коленях (способ скорчившись, или согнув ноги), чтобы вследствие выпрямления их вперед туловище наклонилось лишь незначительно. Круги вперед руками (в параллельных сагиттальных плоскостях) замедляют («встречные движения») приобретенное в отталкивании вращение. Если кинетический момент тела больше, нужно имитировать маховой ногой беговой шаг и согнуть ноги в коленях сзади (способ «прогнувшись»). Если кинетический момент еще больше, нужно совершать «бег по воздуху» (способ «ножницы»): назад нога движется выпрямленной (момент инерции ноги относительно поперечной оси, проходящей через тазобедренный сустав, сравнительно велик), а вперед с той же угловой скоростью, но согнутой (момент инерции ноги относительно названной оси в несколько раз меньше); разность $\Delta K_{\text{ног}} = (I_{\text{выпр}} - I_{\text{согн}}) \times \omega$ вычитается из K туловища. В соответствии с законом сохранения кинетического момента, у всего тела в целом кинетический момент от этого не изменится, но поворота туловища вперед во время движений руками и ногами можно избежать, что позволяет рационально приземлиться. В зависимости от величины кинетического момента тела и длительности фазы полета нужно выполнять 1,5 или 2,5 или 3,5 «шага».

К началу приземления руки прыгуна отведены назад, а в ходе приземления энергично выводятся вперед – это маховые движения, уменьшающие направленную вперед горизонтальную составляющую равнодействующей воздействия ног на песок, а значит, и направленную назад составляющую реакции опоры, что снижает сопротивление движению вперед о.ц.м.т. Кроме того, вращение рук сзади–вниз–вперед по принципу «встречных движений» способствует повороту остального тела вперед, т.е. препятствует его падению назад.

Прыжки в высоту с разбега. Поскольку в этих прыжках нет надобности сохранять в фазе полета большую горизонтальную составляющую скорости, а нужно развить как можно большую ее вертикальную составляющую, применяется отталкивание с ярко выраженным «стопором». Увеличению импульса силы отталкивания способствуют и выполнение с предельным размахом маховых движений ног, плечевым поясом и руками. Чтобы преодолеть планку, ее переходят «волной»: прыгун быстро опускает вниз

те звенья тела, которые только что перенесены через планку, что позволяет поднять те звенья, которые предстоит перенести через планку. Чтобы лучше осуществить это, телу при отталкивании сообщается вращательное движение. При применении перекидного способа это вращение в основном вокруг продольной оси тела, при применении способа «фосбери» – в основном вокруг поперечной оси. В принципе так можно преодолеть планку, установленную выше высшей точки подъема о.ц.м.т.

11.3. Анализ СДД других типов

Лыжные ходы. Рассмотрим отдельные детали отталкивания ногами в попеременном двухшажном и в коньковом ходах.

В основе техники классических ходов лежит различие (порой десятикратное) между силами трения покоя и скольжения лыж о снег: при движении трение лыж о снег вызывает выделение тепла, под действием которого снег немного подтаивает, образующаяся «смазка» резко уменьшает трение. Следовательно, отталкиваться нужно неподвижной лыжей. Поэтому в конце фазы скольжения лыжник останавливает лыжу быстрым сгибанием голени. В результате нога оказывается несколько согнутой, что позволяет немедленно эффективно оттолкнуться ею.

Специально «подсесть» не нужно, это снижает экономичность хода. Не следует забывать, что отталкиваться даже при очень хорошем «сцеплении» (коэффициенте трения покоя) можно под углом к горизонтали не менее 70–75 градусов, в противном случае лыжа проскользнет назад, коэффициент трения сразу резко упадет и оттолкнуться не удастся. Поэтому глубокое «подседание» мало что дает в повышении силы отталкивания, в то же время значительно увеличивая затраты энергии. Маховый вынос вперед переносной ноги и разноименной с ней руки создают выгодный режим для мышц ноги, выполняющей отталкивание.

В коньковом ходе работает другой принцип, отталкивание осуществляется скользящей лыжей. Лыжник отталкивается в сторону лыжей, ориентированной под углом к направлению движения, и реакция опоры имеет составляющую, направленную вперед. Эта составляющая сообщает телу направленное по ходу движения ускорение. Однако лыжа движется под углом к направлению движения, поэтому направленная вперед составляющая скорости

лыжника (v) приблизительно равна направленной вперед составляющей скорости лыжи (v_l), т.е. $v = v_l \cos\varphi$, где φ – угол между скоростью лыжи и направлением вдоль трассы.

Перемещающие СДД: основные положения. Эти действия, направленные на перемещение внешних относительно субъекта тел: снарядов, партнеров, противников. В переместительных действиях, направленных на перемещение субъектом собственного тела путем формирования своими телодвижениями реакций других тел (в частности – опоры), которые для него внешние силы, и потому непосредственная причина изменения движения его тела. А в перемещающих действиях спортсмен телодвижениями воздействует на другие тела силой, являющейся относительно них внешней – и потому изменяющей их движение.

При перемещающих действиях силы реакции (инерции) перемещаемых тел – внешние для человека, поэтому он должен принимать превентивные (предупреждающие и потому предваряющие), а также и одновременные с действием и последующие меры по сохранению устойчивости своего тела – как для лучшего выполнения СДД, так и для обеспечения последующего нужного своего состояния после завершения перемещающего действия. Что это за меры? Увеличение ППУ путем изменения размеров, а также положения (переступанием, скачками) площади опоры, сообщением своему телу количества движения в направлении, противоположном направлению воздействия на него других тел.

Тяжелые тела перемещают с предельными или околопредельными напряжениями мышц и относительно медленно, легкие обычно также с предельным напряжением, но быстро – хотя нередко и такие двигательные задания, выполняя которые сообщают перемещаемым телам не предельные, а дозированные (целевые) скорости, воздействуя на них дозированной силой.

Перемещение тяжелых тел. Это поднимание штанги или гирь, некоторые СДД разных видов борьбы. При поднимании штанги человек согласует перемещение о.ц.м. своего тела с перемещением о.ц.м. штанги, добиваясь того, чтобы о.ц.м. системы «тело человека – штанга» перемещался приблизительно вертикально, иначе будет потеряна устойчивость и придется сходить с места либо бросить штангу. Та же картина в групповых акробатических упражнениях (пары, тройки, четверки): о.ц.т. всех тел спортсменов группы, невзирая на изменения взаимного располо-

жения ц.т.т. каждого спортсмена, не должен значительно отклоняться от вертикали, проходящей через середину стоп нижнего – хотя центры масс каждого спортсмена могут удаляться от нее значительно.

Поднимая тяжелую штангу, развивают предельное напряжение мышц, в борьбе сила должна быть дозированной, хотя при проведении многих приемов – предельной (но не при ложных атаках или в подготовке атаки). В акробатике, перемещая тело партнера, силовые воздействия дозируют строго, от этого зависит выполнение перемещаемым партнером своих СДД. Штангист сам выбирает момент начала действия, у штанги своего поведения нет. А партнеры и противники часто ведут себя непредсказуемо, и это осложняет действия спортсмена, ему приходится «на ходу» перестраиваться, модифицировать или кардинально менять не только актуализационную программу СДД, но и программу действий, план решения задачи, нередко сами задачи.

Нужно отметить важный момент: непосредственно перед подниманием штанги предельного или околопредельного веса не следует производить очень глубокий вдох, так как при необходимом для такого усилия натуживании может нарушиться кровоснабжение мозга и возможно головокружение, даже кратковременная потеря сознания. Вдох должен быть неполным (он необходим, иначе снижается эффективность натуживания).

Метания, удары, броски. Обычно целевая часть этих СДД осуществляется «баллистическими движениями» (корректнее – баллистическими *телодвижениями*), которые характеризуются специфической координацией напряжений работающих мышц.

Максимальные баллистические телодвижения начинают энергичным замахом, в завершающей его части предельно напрягают именно те мышцы, которые осуществляют основную часть действия, ту, которая «разгоняет» рабочее звено тела. Поэтому первая часть целевого телодвижения происходит с высоким напряжением мышц, которое по ходу телодвижения снижается в связи с ростом скорости (вспомним зависимость «сила – скорость»; однако при сохранении предельного усилия как психического посыла). В заключительной части целевого телодвижения (телодвижений) напрягаются мышцы-антагонисты тех мышц, которые «разгоняют» рабочее звено тела, т.е. замедляющих его движение и останавливающих его (во избежание травмы суставов

и для консолидации звеньев работающей конечности как жесткой целостной «конструкции»). Это хоть и незначительно из-за кратковременности, но снижает скорость рабочей точки по сравнению с той, которая могла бы быть достигнута без этого.

Дозированные баллистические действия требуют точной величины и направления конечной скорости («скорости вылета»). Это в большинстве случаев удары по мячу или шайбе, броски мяча, большая часть ударов боксеров. Удары по мячу (мячику) часто осложняются сообщением ему вращательного движения того или иного направления и скорости, приводящее к соответствующему искривлению его траектории, а значит затруднению точного попадания в намеченную цель.

При баллистических телодвижениях «включение» мышц происходит последовательно («волна напряжений» мышц) от проксимально к дистально расположенным мышечным группам («хлесткое или хлестовое движение», «хлест»). Проксимально расположенные группы мышц создают достаточно жесткую опору для напряжений дистально расположенных.

? *Вопросы для самоподготовки*

1. Каковы общие биомеханические особенности локомоторных СДД?
2. Каковы биомеханические особенности бега?
3. Каковы биомеханические особенности прыжков?
4. Каковы биомеханические особенности скольжений?
5. Каковы биомеханические особенности перемещающих СДД?
6. Каковы биомеханические особенности перемещения тяжелых тел, партнеров, противников?
7. Каковы особенности метаний, ударов, бросков?

АНАЛИЗ СДД С ЦЕЛЕВЫМИ МОРФОСТРУКТУРАМИ

План лекции

1. *Общие особенности СДД с целевыми морфоструктурами.*
2. *Прыжковые СДД и соскоки.*
3. *Силовые СДД. СДД с целевой функцией сохранения устойчивости своего и чужого тела.*
4. *СДД с особо высокими координационной трудностью, рискованностью.*
5. *СДД с целевой функцией проявления гибкости, пластичности, экспрессивности.*
6. *Анализ реализации техники и технологии СДД с целевыми морфоструктурами.*
7. *Сложность и трудность.*
8. *Риск, рискование, отношение к ним.*

12.1. Общие особенности СДД с целевыми морфоструктурами

СДД с целевыми морфоструктурами* выполняются в рамках спортивной и художественной гимнастики, акробатики и черлидинга, спортивных танцев, спортивного рок-н-ролла, фигурного катания на коньках, прыжков в воду и на батуте, фристайла. Форма и структура телодвижений и движений устанавливаются сложившимися традициями, правилами вида спорта или, в случае «изобретения» нового элемента или соединения исполнителем – им самим, но, конечно, в рамках традиций. Следует заметить, что далеко не все кинематические характеристики в рассматриваемых видах спорта являются целевыми.

* Иногда применяемый термин «с заданной кинематикой» некорректен: в каждом из относящихся к этой группе видов спорта задаются *целевые кинематические структуры* системы телодвижений и движений, их формы и экспрессивность, а отнюдь не кинематические параметры (глобальные, региональные и локальные позы рассматриваются как система телодвижений с нулевой скоростью).

Количество разных СДД в названных видах спорта велико, что требует формирования большого множества даже принципиально различных по характеру навыков. Необходимость освоения множества упражнений, в том числе сложных и очень разных по структуре и подчас травмоопасных, требует координированности спортсмена как психосоматомоторного качества (свойства). Успешное выполнение рассматриваемых СДД в подавляющем большинстве случаев не сопряжено с очень «тонкой» координацией телодвижений и мышечных напряжений, вполне допустима довольно значительная вариативность телодвижений и движений, поскольку это легко компенсируемо. Гораздо более тонкая и «строгая» координация проявляется при выполнении успешного подъема штанги предельного для спортсмена веса или при прыжке с шестом на предельную для данного спортсмена высоту, или удачного метания диска и т.д. Поэтому название «сложнокоординационные» представляется некорректным.

Для выполнения упражнений ряда видов гимнастического многоборья и в групповой акробатике нужна высокая относительная (на кг массы тела) сила, поэтому силовой подготовке в этих видах спорта придается очень большое значение. Упражнения художественной гимнастики и прыжковой акробатики, упражнения на бревне, прыжки в воду и на батуте таких высоких требований не предъявляют.

Для упражнений спортивной гимнастики, акробатики, рок-н-ролла и прыжков на батуте характерна потенциальная травмоопасность, вынуждая принимать меры предосторожности, особенно при освоении упражнений (страховка, лонжи, маты). Упражнения художественной гимнастики связаны с манипулированием предметами, что требует умения сочетать внимание к этим действиям и к одновременному манипулированию собственным телом. В фигурном катании на коньках задачи спортивных пар и танцоров усложняются необходимостью обоих партнеров сочетать свои действия. То же относится к спортивным танцам. Еще более сложно это в групповой акробатике и рок-н-ролле.

Оценивание спортивного результата в этих видах спорта производится путем сбавок за допущенные отклонения от «идеального» с точки зрения правил и традиций вида спорта. В перечисленных видах спорта высоки требования к эстетичности и выразительности движений, что, в частности, отражено в правилах.

В современном спорте во всех его видах на уровне высокого мастерства требуется высочайшая координация движений и мышечных напряжений, и вряд ли есть смысл выделять отдельные виды спорта как «сложнокоординационные». Логично говорить не о координации движений, проявляемой при выполнении упражнений, а о требованиях вида спорта к координированности спортсмена как некоторому свойству организма, т.е. об одном из компонентов его двигательных *способностей*. В этом плане координированность более важна для гимнаста, чем для бегуна, поскольку гимнаст должен осваивать сотни систем телодвижений и движений, к тому же в подавляющем большинстве своем резко отличающихся от «естественных» для человека, а бегун – только несколько более простых и привычных.

Упражнения, состоящие из СДД рассматриваемого вида, заранее скомпонованы, соперники вмешиваться не могут, поэтому ситуативные тактические возможности во время их выполнения ограничены (почти всё известно заранее, разве что допущена двигательная ошибка или просчет).

В коллективных (кооперативных) действиях с целевыми морфоструктурами (групповая акробатика, пирамиды в черлидинге, поддержки в фигурном катании) большое значение имеет микротактика взаимодействий – тактика построения каждого сопряженного (двигательно сочетающегося с действием партнера) двигательного действия: выбор варианта техники, а если нужно и двигательных коррекций поддерживающего (нижнего) и поддерживаемого (верхнего): действия каждого из них тесно системно взаимосвязаны. В первую очередь это относится к задаче совместного сохранения устойчивости верхнего и нижнего: телодвижения каждого влияют на сохранение устойчивости как его самого, так и партнера (партнеров). Причем влияют не только изменения положения о.ц.т.т. каждого из них или обоих, но и связанное с этим появление горизонтальных составляющих их силовых воздействий друг на друга.

Помимо задачи сохранения устойчивости важна еще и задача облегчения друг другу выполнения действий, требующих значительных силовых усилий (например, верхний должен помочь нижнему поднять его, а нижний помочь верхнему, скажем, высоко прыгнуть при выполнении соскока).

Тонкая координация кинематических и динамических компонентов совместных СДД требует ясного понимания и предугады-

вания действий партнера (партнеров) и соответствующего «пользе общего дела» варьирования своей части техники совместного СДД и ее реализации с таким расчетом, чтобы эти действия были комплементарны (дополняли, хорошо сочетались) действиям партнера, чтобы совместно они обеспечивали нужный эффект.

12.2. Прыжковые СДД и соскоки

Акробатические прыжки, прыжки на батуте и в воду, соскоки с гимнастических снарядов имеют общие черты. Все они (кроме некоторых соскоков) связаны с вращением тела вокруг горизонтальной оси, проходящей через о.ц.м.т. («по сальто») вперед или назад, причем во многих прыжках вращение вокруг горизонтальной оси сопряжено с вращением вокруг продольной оси тела («по пируэту»). При этом кинетический момент тела в его вращении «по сальто» распределяется на моменты-компоненты, каждый относительно одной из трех осей: наибольший компонент кинетического момента остается во вращении вокруг центральной горизонтальной оси («по сальто»), а два других компонента – в возникших вращении вокруг продольной оси тела («винтовое», «пируэтное») и в прецессии (движении продольной оси тела по двум коническим поверхностям с общими вершинами в о.ц.м.т. и вращающейся вокруг горизонтальной оси осью вращения, совпадающей с общей осью этих конусов).

Отталкиванием ногами или руками нужно сообщить телу как поступательное (основная составляющая вертикальная), так и вращательное движение вокруг горизонтальной оси. Поэтому линия действия силы реакции опоры должна проходить на нужном расстоянии от о.ц.м.т., создавая тем самым вращающий момент (рис. 1). Поступательная составляющая соскоков после вращений (с перекладины, колец, брусьев (параллельных или разной высоты)¹³) определяется в основном не отталкиванием руками, а линейной скоростью о.ц.м.т. в момент отпускания руками снаряда (рис. 2).

Дело в том, что вращение тела при наличии опоры происходит не вокруг центральной оси (проходящей через о.ц.м.т.), поэтому имеет место сложное движение, компоненты которого поступательное движение о.ц.м.т. и вращательное вокруг центральной

¹³ Терминологический курьез: ведь жерди брусьев разной высоты тоже параллельны между собой. Но уж так сложилось очень давно.

оси. Поэтому при отпускании снаряда вращательная составляющая движения определяется наличествующим в этот момент вращением тела вокруг центральной оси в его пассивном вращении вокруг перекладины и дополнительной угловой скоростью $\omega_{\text{дон}} = \int F_R d \times t / m r_i^2$, сообщенной телу работой руками (d – плечо силы F_R реакции опоры, t – время работы руками для увеличения скорости вращения тела, m – масса тела, r_i – центральный радиус инерции тела). Поступательная составляющая определяется модулем и направлением скорости вылета о.ц.м.т. (V) (рис. 2).

Отталкиванием в сальто вперед развивается момент силы $M_F = F_R \times d$ реакции опоры, вращающий тело вперед. Для достижения этого эффекта нужно F_R отклонить назад от направления на Ц, создавая *плечо силы* d . При отталкивании для сальто назад отклоняют F_R вперед от направления на Ц, создавая ее плечо d , а значит момент силы M_F , вращающий тело назад. Отклонением F_R *назад* достигается воздействие ног на опору немного *вперед*, а отклонением *вперед* – воздействие ног на опору немного *назад* (опора «отвечает» противоположно направленной силой – согласно третьему закону механики).

В фазе полета тела его кинетический момент ($K = I\omega$) не изменяется (закон сохранения кинетического момента: $I\omega = \text{const}$), поэтому изменение момента инерции тела I путем уменьшения

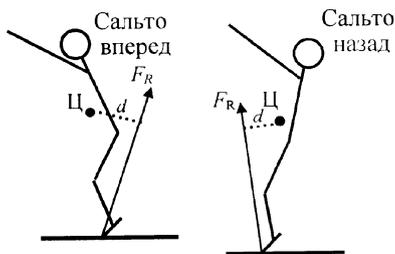


Рис. 1. Отталкивание на сальто толчком двумя ногами с места:
Ц – о.ц.м.т., F_R – сила реакции опоры, d – плечо силы F_R относительно центральной поперечной оси (проходящей через Ц перпендикулярно плоскости рисунка).
Момент силы F_R вращает тело

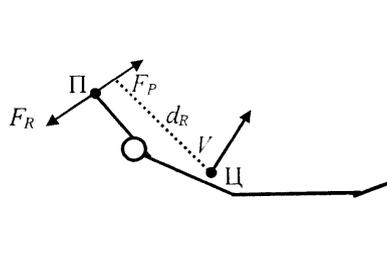


Рис. 2. Сальто назад с перекладины:
Ц – о.ц.м.т., F_P – сила нажима руками на гриф перекладины, F_R – сила реакции опоры, d_R – плечо силы F_R относительно центральной поперечной оси, V – скорость о.ц.м.т. в момент перед отпусканием перекладины.
Момент силы F_R ускоряет вращение «по сальто»

расстояния его масс относительно центральной оси группированием или, наоборот, разгруппированием вызывает обратно пропорциональное изменение угловой скорости ω .

Фаза приземления требует смягчения действия встречающей опоры на тело человека (амортизации взаимодействия) в процессе остановки его движения вниз. При этом «встречающий» импульс силы должен быть равен количеству движения тела mv в момент встречи с опорой плюс импульс силы тяжести тела $P_m \times t_n$ (t – время приземления). Это достигается уступающими телодвижениями, «растягивающими» время остановки тела и тем самым снижающими уровень силы воздействия (ведь импульс силы $L = \int f \times t$, значит, чем больше t , тем меньше F , что и требуется).

При приземлении необходимо свести к нулю импульс (количество движения) тела, избегая больших перегрузок, для чего так построить телодвижения приземления, чтобы максимальное значение силы реакции опоры было приемлемым. Это достигается, главным образом, уступающим сгибанием ног, что увеличивает время (t) остановки движения тела вниз, благодаря чему нужный для остановки движения тела импульс силы (Ft) достигается при меньшем напряжении работающих групп мышц. Конечно, влияет и материал опоры в месте приземления (маты, гимнастический помост и др.), их эластичность увеличивает «путь торможения».

К завершению фазы приземления в акробатических прыжках и соскоках желательно, чтобы кинетический момент тела стал равен нулю, т.е. закончить в устойчивом положении тела. Для этого нужно добиться того, чтобы сумма кинетического момента тела ($K = I \times \omega$) при соприкосновении с опорой и момента импульса силы реакции опоры за время приземления $K + M_F \times t = 0$, где $K = I \times \omega$, а $M_F = F \times d$. Добиваются этого правильной постановкой ног на опору, а также телодвижениями, вызывающими нужные изменения горизонтальной составляющей реакции опоры. Необходим тонкий расчет, координация движений и сил (а значит – усилий как психологической предпосылки развития этих сил) и актуализации соответствующей программы с учетом реального хода приземления, связанного, в том числе, с необходимостью своевременного внесения необходимых коррекций в телодвижения и движения.

12.3. Силовые СДД, СДД с целевой функцией сохранения устойчивости своего и чужого тела

Силовые СДД характерны в основном для групповой акробатики и мужской спортивной гимнастики, но имеются также в подержках в фигурном катании на коньках. Их можно разделить на статические (удержания) и парастатические (медленные силовые подъемы и опускания). В тех и других вся трудность связана с необходимостью развития высокого напряжения мышц рук и плечевого пояса. Во многих случаях при выполнении силовых СДД значительную часть их трудности составляет сохранение устойчивости своего тела (например, «крест вниз головой» на кольцах, выполнение стойки на руках силой). Сказанное относится и к статическим, и к парастатическим СДД. Конечно, для выполнения силового подъема требуется приложить бóльшую силу, чем при аналогичном опускании.

Несколько замечаний об упражнениях на бревне. Ограничение опорной поверхности затрудняет сохранение устойчивости своего тела и требует точного соблюдения направления движения тела. Кроме того, целесообразно так располагать при опоре стопы и кисти рук на поверхности бревна, чтобы обеспечить наибольшие функциональные возможности сохранения устойчивости тела. Например, постановка ног носками несколько внутрь и рук (при выполнении переворотов) пальцами внутрь существенно ее повышает. При выполнении стойки на руках продольно (плечевая ось параллельна длинной оси бревна) более эффективно ставить кисти рук не так, чтобы занять как можно бóльшую площадь на верхней поверхности бревна, а так, чтобы о верхнюю поверхность бревна опирались не более 3–4 см проксимальной части ладони, что позволяет опираться концами несколько согнутых во всех суставах пальцев о боковую поверхность бревна как можно ниже¹⁴, тем самым максимизируя поле устойчивости (хотя и с явным ущербом для площади опоры, что лишний раз свидетельствует о некорректности применения так распространенной механистической концепции устойчивости тела).

¹⁴ Хотя такой способ опоры не распространен в спортивной практике, что существенно затрудняет овладение стойкой на руках продольно на бревне, эта рекомендация прошла практическую проверку автором и его ученицами.

Балансирование телом верхнего осуществляется нижним адекватно дозированными силовыми воздействиями на него и адекватно дозированным горизонтальным перемещением места опоры верхнего в ту сторону, в которую имеет тенденцию смещаться его тело. Поскольку верхний в большинстве случаев тоже может активно сохранять устойчивость своего тела, необходимо отработанное заранее разделение соответствующих функций партнеров и комплементарность (взаимная дополнительность) их двигательной активности.

При силовых перемещениях своего тела верхним проекция о.ц.м.т. его звеньев меняет свое положение в горизонтальной плоскости, поэтому нижнему приходится не только изменять систему силовых воздействий на верхнего для эффективного балансирования его телом, но и перестраивать систему взаимодействий с опорой для сохранения устойчивости системы «нижний – верхний» (чтобы компенсировать опрокидывающие моменты силы тяжести относительно ее о.ц.т. соответствующим изменением восстанавливающего момента силы реакции опоры).

12.4. СДД с особо высокими координационной трудностью, рискованностью

СДД с целевыми морфоструктурами в своем большинстве принципиально отличны от бытовых, и чем выше их энергетическая и координационная трудность, тем выше они ценятся в спортивном отношении. Поэтому их трудность является целевой: они ценятся в соответствии с их унифицированной трудностью (трудностью для большинства спортсменов, функционирующих в рассматриваемом виде спорта). Целевой может быть и рискованность как в плане физического риска (риска травмироваться), так и технического (риска значительно ухудшить выполнение СДД). Как правило, выполнение рискованных СДД требует высокой надежности их выполнения, а значит – проявления высокой координации телодвижений и движений.

Выполнение таких СДД требует высокой кинематической точности, т.е. точности телодвижений (по изменению позы, по скорости и ускорению, по темпу и ритму), что, в свою очередь, требует высокой точности напряжений мышц (по величине и по сочетанию напряжений всех работающих мышц). Но это дости-

жимо лишь при «тонком» дифференцировании (градуальном различении) сенсорных восприятий телодвижений и движений тела и его звеньев, нередко в значительной мере благодаря «тонкому» различению их временных параметров и ритма в целом. Следует отметить, что риск получения травмы существенно затрудняет решение координационных задач, меняя эмоциональное состояние, тем самым мешая сосредоточить внимание и ухудшая координированность как оперативное свойство спортсмена.

12.5. СДД с целевой функцией проявления гибкости, пластичности, экспрессивности

Все двигательные действия в видах спорта с целевыми морфо-структурами нужно выполнять так, чтобы они производили определенное эстетическое воздействие на зрителя. Но существуют и такие двигательные действия, всё или основное назначение которых – эстетическое воздействие (многие трудны в исполнении, и потому их назначение к тому же и в том, чтобы набрать нужную трудность композиции и выполнить специальные требования). Часто эти действия требуют пластичности и ритмичности, но часто наибольшая трудность при их выполнении – обеспечение точности (например, броски и ловля предметов, пируэты на носке), проявление гибкости. Нередко это небольшие фрагменты композиции: соединение целого ряда двигательных действий. Некоторые требуют мимической поддержки.

Стремление достигнуть наибольшей эстетичности исполнения побуждает творчество спортсменов и тренеров в поисках новых форм, ритмов, их сочетаний, средств выразительности (экспрессивности). Разнообразные по содержанию и стилю пластические решения придают композиции своеобразие, смысловой отенок, направляющий восприятие ее зрителем.

Проявления повышенной гибкости сами по себе эстетичны, производят определенное впечатление на зрителя. К тому же недостаточная гибкость – препятствие для полноценного выполнения многих эстетически значимых упражнений. Проявления гибкости повышают пластические возможности исполнителя, создают у зрителя впечатление большого размаха, легкости, непринужденности выполнения даже трудных двигательных заданий. Наконец, наличие хорошей гибкости облегчает выполнение

многих упражнений, уменьшая требования к некоторым силовым проявлениям, к необходимой амплитуде движений о.ц.м.т.

Технически рациональное выполнение двигательных действий всегда эстетично, по крайней мере в глазах представителей данного вида спорта (эстетичность ведь имеет функциональную и традиционалистскую подоплеку). Поэтому во всех видах спорта характерная для него эстетичность исполнения – признак его совершенства. Нарушение эстетичности исполнения – признак двигательного отклонения от образцового исполнения. Заметив такое нарушение, тренер понимает, что допущена какая-то двигательная неточность (часто саму по себе эту неточность сразу разглядеть не удастся), получает сигнал для ее определения с целью преодоления ее причин и недопущения при повторных попытках. Таким образом, контроль за эстетичностью помогает контролировать степень совершенства как техники, так и ее реализации.

12.6. Анализ реализации техники и технологии СДД с целевыми морфоструктурами

Биомеханическому анализу не поддаются такие компоненты этих СДД как экспрессивность и пластичность (это может войти в компетенцию качественного кинезиологического анализа). Предметом биомеханического анализа могут быть техника этих СДД (как схемы телодвижений и движений), актуализация техники, ритмичность телодвижений и движений всего тела (в частности, согласованность с музыкальным сопровождением), высота прыжков, бросков, перелётов, особенности управления телодвижениями и движениями при выполнении этих СДД. Конечно, можно говорить о технике эстетически значимых, выразительных СДД, но пока что к разработке этой проблемы биомеханики еще не приступали, да и специалисты в области теории и методики физического воспитания и спорта тоже.

Часто биомеханический анализ нужен при рассмотрении отталкивания ногами в прыжках (акробатических, в воду, на батуте, в фристайле, в фигурном катании на коньках, опорных (в спортивной гимнастике), отталкивания руками в акробатических и опорных прыжках, в соскоках, перелётах. Биомеханический анализ может помочь избегать ошибок при выполнении бросков партнеров. К сожалению, разного рода трудности, связанные

с проведением биомеханических инструментальных измерений параметров телодвижений и движений, заставляют в большинстве случаев пользоваться качественным анализом, опирающимся на визуальные оценки и неинструментальные измерения.

При биомеханическом анализе можно разными способами условно делить рассматриваемую категорию СДД на группы:

1. а) энергоемкие опорные, б) неэнергоемкие опорные, в) энергоемкие опорно-безопорные, г) неэнергоемкие опорно-безопорные. Опорой служат пол (помост), лед, гимнастический снаряд, «нижний» спортсмен.

2. а) стационарные, б) нестационарные, в) смешанные.

3. а) маховые, б) энергоемкие статические и парастатические, в) неэнергоемкие статические и парастатические, г) прыжковые, д) соскоки, е) перелеты, ж) статические «нижнего» (в поддержках), з) динамические «нижнего» (в поддержках), и) «верхнего» (в поддержках), к) броски.

4. а) на ногах, б) на руках, в) смешанные, г) на коньках или лыжах, д) в воде.

5. а) с нетрудным сохранением устойчивости своего тела, б) с трудным ее сохранением, в) с балансированием телом «верхнего».

Возможны и другие способы разделения на группы.

СДД («элементы») разделяют по их трудности на группы. Поэтому, чтобы композиция (комбинация) была полноценной, нужно включить в нее определенное правилами количество трудных элементов и соединений. В ряде видов спорта за дополнительное включение особо трудных элементов даются дополнительные баллы за трудность. Даются прибавки в оценках и за виртуозность исполнения.

Нередко значительную часть трудности соединений СДД, в особенности в сильно взаимосвязанных соединениях, составляет необходимость радикально переключаться с координации одного характера на координацию резко отличающегося характера, что связано с быстрой сменой двигательной установки и системного фонового напряжения мышц.

За ошибки нарушения установленной правилами и традицией формы телодвижений и движений, как и за очевидное невыполнение СДД или остановку в выполнении комбинации производятся сбавки в оценке, вычитаемые из предварительной оценки

трудности и композиции всего упражнения. Сбавки производятся и за недостаточные пластичность и выразительность (экспрессивность) исполнения.

СДД с целевыми морфоструктурами многочисленны и разнообразны по характеру, поэтому формы и методы биомеханического или кинезиологического анализа тоже многочисленны и рассматривать их здесь нет возможности. Ограничимся кратким анализом основных особенностей некоторых групп упражнений.

Прыжки в акробатике, спортивной гимнастике, на батуте, в воду, в фристайле, на лыжах с трамплина. Общее для них то, что рисунок движений приходится на безопорный период, но энергетически и по направлению он определяется в опорном периоде. Об управлении вращательным движением тела в безопорном состоянии и об отталкивании было сказано ранее. Здесь стоит добавить лишь несколько замечаний.

В прыжках на лыжах с трамплина и в фристайле кинетическая энергия обеспечивается в основном разгоном на наклонной лыжне, а амортизация приземления обеспечивается наклоном места приземления, так что нормальная сила оказывается небольшой, невзирая на большую скорость тела в момент приземления, а кинетическая энергия гасится на большом пути, т.е. при приземлении величина силы, воздействующей на спортсмена, вполне допустима.

В прыжках на лыжах с трамплина в достижении дальности прыжка большую роль играет подъемная сила, зависящая от позы спортсмена (включая лыжи) и ориентации тела в пространстве во время полета. Значение для оценки прыжка имеют также удержание позы (равновесие тела) в полете и уверенное приземление.

В фигурном катании основная кинетическая энергия вращательного движения тела тоже накапливается разгоном, он же позволяет путем применения «стопора» прыгнуть высоко, обеспечивая длительность фазы полета, что позволяет выполнить много оборотов и повышает зрелищность прыжка.

Акробатические прыжки выполняются с разбега, в комбинацию включаются «разгонные» элементы (различного вида перевороты), которые должны обеспечить перед началом отталкивания для сальто кинетическую энергию поступательного и вращательного движения. Выполнение отталкивания ногами «с темпа» позволяет в фазе амортизации (уступающий режим работы мышц)

развить очень большую силу тяги мышц (согласно зависимости «сила – скорость»), что приводит, во-первых, к эффекту эксцесса силы (последующую сразу же преодолевающую работу можно выполнить с намного большей силой тяги мышц, чем без их напряжения в уступающем режиме), а во-вторых – к накоплению в помосте или акробатической дорожке, сухожилиях и связках упругой энергии, которая потом переходит в кинетическую энергию тела (внешняя и внутренняя рекуперация энергии), добавляемую к той, которую создают работающие мышцы, а значит, увеличивается высота прыжков.

Опорные прыжки в настоящее время сходны с акробатическими прыжками, только определяющее прыжок отталкивание выполняют руками, отталкивание ногами задает только энергию и траекторию о.ц.м.т.

Упражнения на гимнастических снарядах. Здесь имеются в виду перекладина, кольца, конь, брусья мужские и женские. Двигательные действия сопряжены, в основном, с вращательными движениями тела. Вращение тела и его основных звеньев происходит как вокруг закрепленной (хватом за снаряд двумя руками) или полусвободной (с одним свободным концом) оси, так и вокруг свободных управляемых осей, проходящих через один или два плечевых сустава и/или тазобедренные суставы. Управление осью состоит в произвольном расположении ее в пространстве. Плечевой осью управляют посредством воздействия руками (рукой) на снаряд, вызывающим возникновение реакции опоры – внешней относительно тела силы («касательные взаимодействия»), то есть в большинстве упражнений имеют место несколько разных вращений. Если в висте плечевой осью специально управлять нет надобности, то в упоре это непростой и играющий очень важную роль процесс, требующий тонкой регуляции работы мышц плечевого пояса. В частности, от этого зависит сохранение динамической устойчивости тела.

Закрепленные оси тоже в определенной степени подвижны: на перекладине и брусках в связи с колебаниями упругих рабочих частей этих снарядов, на кольцах – в связи с тем, что они подвешены на тросах, и перемещение рабочей части снаряда, а значит и оси вращения определяется вращением тела гимнаста вокруг поперечной оси тела (о.ц.м.т. всё время остается приблизительно на одной вертикали, перемещаясь вверх и вниз).

В кругах двумя на коне оси вращения тела полусвободные (один конец закреплен в месте хвата за ручку), их ориентация близка к вертикальной, перемена опоры с одной ручки на другую связана со сменой осей вращения тела. Управление скоростью вращения тела вокруг вертикальной оси происходит в основном при опоре одновременно двумя руками: вращающий момент определяется парой сил в горизонтальной плоскости, но известную роль играет и момент силы, создаваемый в одноопорной фазе (усилием пронации или супинации предплечья).

Маховые движения ногами, цель которых увеличить скорость вращения тела или преобразовать ее в противоположно направленную («противовращение»), эффективны только в случае, если гимнаст (гимнастка) в это время активно надавливает на перекладину или жердь «навстречу» (если мах ногами вперед, то и руками давить вперед, мах назад – давить руками назад).

В упражнениях на перекладине, брусьях и кольцах различают подъемы (поднимание о.ц.м.т. из положения ниже опоры в положение выше опоры), спады (обратно направленное перемещение о.ц.м.т., опускания) и обороты (спад сообщает телу энергию, которая используется немедленно в следующем подъеме).

Упражнения на перекладине и брусьях разной высоты, связанные с наличием безопорной фазы разделяют на подлёты (в фазе полёта выполняются повороты, перемахи ногами либо сальто) и перелеты (с перемещением через перекладину или жердь), осуществляемые без перемены направления вращения тела или с его изменением на противоположное.

Поддержки и броски. Применяются в акробатике, спортивных видах танцев, парном фигурном катании, черлидинге. Во многих поддержках работа нижнего сопряжена с высоким напряжением мышц, т.е. требует от него больших силовых возможностей и умения сохранять устойчивость системы тел (своего и верхнего). Поддержки требуют согласованности действий участников поддержки. Обычно от верхнего требуется жесткая фиксация тела в нужной позе, а управление его и своей устойчивостью осуществляет нижний. Но в категорию поддержек входят и связанные с активными движениями верхнего (например, в акробатике и в спортивном рок-н-ролле). Это требует соответствующего перемещения тела верхнего (включая инерционные эффекты) нижним и управления им положением своего о.ц.м.т.

Броски отличаются от поддержек (которые в том или ином виде чаще всего им предшествуют) тем, что, во-первых, они связаны с необходимостью обеспечить кратковременное энергичное («взрывное») воздействие нижнего на верхнего, чтобы обеспечить ему достаточно большую фазу полета, во-вторых, они связаны с прекращением взаимодействия, в-третьих, энергичное воздействие на верхнего вызывает «отдачу» (силу инерции), что нижний должен учитывать, чтобы сохранить устойчивость своего тела. Действия верхнего («бросаемого») в целом сходны с действиями в акробатических прыжках.

12.7. Сложность и трудность

Понятие «сложность» двигательного действия относится к количеству составных частей (элементов) и структуре объекта, поэтому оно носит унифицированный характер («для всех») и подразумевает определенную объективизацию оценки. А понятие «трудность» двигательного действия относится к тому, как затрудняет конкретного человека данное двигательное действие.

Так, «крест» на кольцах труден для одного гимнаста (а что уж говорить об огромном большинстве людей), но совсем не труден для другого. Сложности же в нем никакой – телодвижений нет вообще. А обычный шаг намного сложнее, поскольку в его составе много телодвижений, и связаны они между собой совсем не просто. Но он не труден, любой человек легко выполнит его. Нужно четко различать понятия «сложность» и «трудность».

12.8. Риск, рискование, отношение к ним

Сразу следует заметить: необходимо различать разные виды (даже можно сказать – модальности) риска, потому что это разные стороны отношения к рискованности того или иного двигательного действия или системы двигательных действий (рис. 3). Далее будем обсуждать риск применительно к выполнению двигательных заданий.



Рис. 3. Виды риска

Физический риск. Можно выделить 3 варианта этого понятия: 1) ожидаемые опасность и вероятность получить травму той или иной степени тяжести (даже погибнуть); 2) опасность травмы, получение которой возможно (без учета величины вероятности); 3) вероятности получения травмы (без учета ее тяжести).

Технический риск. Здесь тоже можно различать 3 варианта смысла этого понятия: 1) опасность плохо выполнить двигательное задание (с учетом вероятности, степени и значимости нарушений); 2) опасность вероятного снижения качества выполнения двигательного задания (без учета степени его вероятности); 3) вероятность снижения качества выполнения двигательного задания (без учета степени нарушения).

Эмоциональный риск: опасность возникновения психического последствия плохого выполнения двигательного задания в форме появления в будущем боязни, излишней психической напряженности при выполнении аналогичного или аналогичных двигательных заданий.

Человек может по-разному оценивать рискованность как оценку степени риска самой по себе и ее значимости для выполнения конкретного задания, но принимать решения исходя из оценки и других факторов. Он, например, может высоко оценивать рискованность, но идти на риск, если считает это целесообразным и в соответствии со своим характером. Может, наоборот, решить не рисковать, даже осознавая незначительную рискованность выполнения задания, взвесив другие существенные факторы или из-за повышенной неприязни к риску. Поэтому рискование – серьезная сторона спортивной деятельности, во многом ее определяющая.

Отношение к риску (оценивание его степени, возможных отрицательных последствий неудачного варианта, положительных последствий при удаче) и рискуванию (готовностью идти на риск, принять решение рисковать в той или иной спортивной ситуации или наличие транситуативной, устойчивой установки) определяет тактику и стиль двигательной активности спортсмена. Можно предложить 3 варианта упрощенного дихотомического деления рискования на основные типы (рис. 4).

Отношение к риску (в том числе оценивание его степени) и рискуванию может меняться в зависимости от настроения, от чувства уверенности в своих силах, от различных психологиче-

ских установок (в том числе индуцированных тренером), от значимости последствий рискования. Когда можно выбирать, нужно разумно взвешивать степень риска.



Рис. 4. Варианты деления рискования на типы (по характеру)

Следует заметить, что рискование может вызвать более или менее значительно выявленную эмоцию страха, что нарушает координацию движений. Поэтому нужно учиться регулировать эмоцию страха, чтобы она не вносила существенных помех в управление телодвижениями и движениями.

❓ **Вопросы для самоконтроля**

1. В чем особенности анализа СДД с целевой кинематикой структурой (целевыми морфоструктурами)?
2. Каковы особенности анализа прыжковых СДД и соскоков?
3. Каковы особенности анализа силовых СДД, СДД с целевым сохранением устойчивости своего и чужого тела?
4. Каковы особенности анализа СДД с особо высокими координационной трудностью, рискованностью?
5. Каковы особенности анализа реализации техники и технологии СДД с целевыми морфоструктурами?
6. В чем сущность и различия понятий «сложность» и «трудность»?
7. Каково содержание разновидностей риска? Как их учитывать в спортивной практике?
8. В чем мотивы и особенности рискования, как их учитывать в спортивной практике?

СОДЕРЖАНИЕ

От автора	3
Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ В СПОРТИВНУЮ БИОМЕХАНИКУ	6
1.1. Спортивная биомеханика	6
1.2. Измерения, наблюдение, интерполяции, экстраполяции	11
1.3. Мысленное моделирование	13
1.4. Количественный и качественный анализ СДА	15
1.5. Активность и деятельность	16
Лекция 2. БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЧЕЛОВЕКА ...	19
2.1. Структура опорно-двигательного аппарата (ОДА) человека	19
2.2. Механические характеристики тела человека	21
2.3. Скелетные мышцы, их макро-, мезо- и микроструктуры. Напряжение мышц	23
2.4. Механизм напряжения скелетных мышц	27
2.5. Закономерности напряжения мышц	27
2.6. Развитие биомеханической системы	30
2.7. Деформации тела человека при двигательной активности	31
Лекция 3. МОТОРИКА И МОТОРНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА	33
3.1. Спортивная моторика и моторность. Двигательные задатки, способности, возможности, проявления	33
3.2. Анализ концепции физических качеств	37
3.3. Концепция моторно-функциональных свойств (качеств)	41
3.4. Физическая подготовленность	43
3.5. Телосложение и моторика. Предельная моторика	45
3.6. Развитие моторности	45
3.7. Рекуперация энергии	46
3.8. Надежность СДД и решения СДЗ	47

Лекция 4. УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТЬЮ	49
4.1. Афферентное обеспечение моторики. Двигательные память и воображение	49
4.2. Идеомоторика спонтанная и произвольная	52
4.3. Позы, телодвижения и движения, управление ими в спорте	53
4.4. Целевой фоновый двигательный функционал (ЦФДФ)	56
4.5. Соматические, энергетические, управленческие, тактические факторы	57
4.6. Спортивное двигательное действие (СДД), его состав, структура, функция	58
4.7. Техника и технология СДД	61
4.8. Взаимосвязь моторности, техники СДД и тактики спортивной двигательной активности	63
4.9. Точность при выполнении двигательного задания. Меткость	64
4.10. Организменные реакции. Управление системами движений	65
Лекция 5. ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЕ АСПЕКТЫ СПОРТИВНОЙ МОТОРИКИ	68
5.1. Дуальность и иерархическая структура двигательной активности	68
5.2. Рефлексия как мысленное моделирование	70
5.3. Некоторые теоретико-деятельностные категории	71
5.4. Спортивная двигательная ситуация	72
5.5. Формирование и иерархия целей	74
5.6. Спортивные двигательные задачи (СДЗ) и их решение ...	75
5.7. Спортивные двигательные навыки и умения	77
5.8. Спортивные двигательные ошибки, критические ситуации, их преодоление	81
5.9. Надежность решения СДЗ и ее обеспечение	85
5.10. Развитие управленческих возможностей в СДА	88
5.11. Активность и деятельность	91
Лекция 6. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ: ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИКИ И КИНЕМАТИКИ	93
6.1. Классическая механика как система	93
6.2. Элементы статики	95

6.3. Кинематические характеристики	98
6.4. Законы движения	102
6.5. Графики кинематических характеристик	104
Лекция 7. ОСНОВЫ МЕХАНИКИ: ЭЛЕМЕНТЫ ДИНАМИКИ	106
7.1. Инерционные характеристики	106
7.2. Силовые характеристики	107
7.3. Энергетические характеристики	112
7.4. Основные законы механики	113
7.5. Другие зависимости классической механики	114
Лекция 8. ТИПОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СПОРТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СУБДЕЯТЕЛЬНОСТИ	126
8.1. Типология спортивной двигательной активности	126
8.2. Спортивные максимальные двигательные задания	127
8.3. Спортивные двигательные противоборства	129
8.4. Спортивные двигательные задания с целевыми морфоструктурами	130
8.5. Другие типы спортивных двигательных заданий	132
8.6. Биомеханические аспекты анализа спортивных двигательных заданий разных типов	133
Лекция 9. ОСНОВЫ АНАЛИЗА СПОРТИВНОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ	137
9.1. Анализ и автоанализ спортивной двигательной активности (СДА)	137
9.2. Анализ техники спортивных двигательных действий (СДД)	142
9.3. Интроспекция как метод анализа СДА	144
9.4. Технология наблюдения и самонаблюдения для анализа реализации техники СДД	145
9.5. Биомеханические измерения	147
9.6. Технология анализа и автоанализа СДА	148
9.7. Взаимосвязь техники, технологии СДД (и их соединений) и тактики	151
Лекция 10. АНАЛИЗ БЕЗОПОРНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ СДД	153
10.1. Общие особенности безопорных периодов СДД	153
10.2. Движение тела под дополнительным действием контактных сил	154

10.3. Вращательные движения тела и его звеньев, системы тел	155
10.4. Сложные движения	157
10.5. Управление вращательным движением тела и его ориентацией в безопорном состоянии	158
10.6. Безопорные периоды конкретных СДД	160
10.7. Движение спортивных метательных снарядов	161
10.8. Стационарные переместительные СДД	162
10.9. Сохранение устойчивости своего и других тел, их системы	164
10.10. Взаимодействия спортсмена с упругими снарядами	169
10.11. Отталкивание ногами. Амортизация взаимодействий	171
10.12. Силовые СДД с преодолением только тяжести своего тела	172
Лекция 11. ЛОКОМОЦИИ. ПЕРЕМЕЩАЮЩИЕ СДД	174
11.1. Общие положения	174
11.2. Анализ бега и прыжков	175
11.3. Анализ СДД других типов	181
Лекция 12. АНАЛИЗ СДД С ЦЕЛЕВЫМИ МОРФОСТРУКТУРАМИ	185
12.1. Общие особенности СДД с целевыми морфоструктурами	185
12.2. Прыжковые СДД и соскоки	188
12.3. Силовые СДД, СДД с целевой функцией сохранения устойчивости своего и чужого тела	191
12.4. СДД с особо высокими координационной трудностью, рискованностью	192
12.5. СДД с целевой функцией проявления гибкости, пластичности, экспрессивности	193
12.6. Анализ реализации техники и технологии СДД с целевыми морфоструктурами	194
12.7. Сложность и трудность	199
12.8. Риск, рискование, отношение к ним	199

Учебное издание

КОРЕНБЕРГ Владимир Борисович

**Лекции по спортивной биомеханике
(с элементами кинезиологии)**

Учебное пособие

Книга издана в авторской редакции

Художник Е.А. Ильин

Художественный редактор Л.В. Дружинина

Компьютерная графика: А.Г. Никоноров

Корректор Л.В. Латина

Компьютерная верстка О.А. Котелкиной

Подписано в печать 20.09.11. Формат 60×90¹/₁₆.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 13,0. Уч.-изд. л. 12,5. Тираж 1000 экз.

Изд. № 1609. Заказ № 11.

ОАО «Издательство “Советский спорт”».

105064, г. Москва, ул. Казакова, 18.

Тел./факс: (499) 267-94-35, 267-95-90.

Сайт: www.sovsportizdat.ru

E-mail: sovSPORT@mail.tascom.ru

Отпечатано с электронной версии заказчика

ООО «КОНТЕНТ-ПРЕСС»

127018, г. Москва, ул. Складочная, д. 1, стр. 18, под. 3, оф. 111.

Тел./факс: (495) 64-888-60, 971-82-9



*Учебная, научная, справочная
литература по физической культуре
и спорту, спортивной медицине,
туризму, адаптивной физической
культуре и спорту инвалидов,
коррекционной педагогике.
Учебно-методические
комплекты для вузов*

В регионах наши книги можно приобрести в городах:

БЕЛГОРОД

ГУП «Бибколлектор»,
ул. Б. Хмельницкого, д. 132 А.
Тел. (4722) 34-12-57

ВЛАДИВОСТОК

ОАО «Приморский торговый
Дом книги»,
ул. Светланская, д. 43.
Тел.: (4232) 63-99-68, 63-73-39

ВОЛОГДА

ООО «Вологодское общество
книголюбов»,
ул. Кирова, д. 76-25.
Тел.: (8172) 72-23-72, 72-48-66

ВОРОНЕЖ

ИП «Бражников И.Б.».
Тел. (4732) 29-32-80 (опт)

ЕКАТЕРИНБУРГ

ООО «АЛИС-Альянс»,
ул. Мамина-Сибиряка, д. 37, оф. 1 А.
Тел. (343) 355-33-86

ООО ТД «Лаватера»,
ул. Красина, д. 3, оф. 7.
Тел.: (343) 341-93-60, 379-98-47

ООО Книготорговая компания
«Дом Книги»,
ул. Валека, д. 12.
Тел. (343) 253-50-10

ИВАНОВО

ООО «Ивкнига»,
ул. Кудряшова, д. 98.
Тел. (439) 256-15-01

ИЖЕВСК

ЗАО ИД «Удмуртский университет»,
ул. Красногеройская, д. 107.
Тел.: (3412) 75-21-55, 51-42-47

КАЗАНЬ

ООО «АкадемКнига».
Тел.: (843) 543-51-49,
8-960-040-68-70 (опт.)

ООО ТД «Аист-Пресс»,
ул. Декабристов, д. 182.
Тел.: (843) 525-56-15, 525-55-40

ИП «Мухаммадиев М.Э.».
Тел. (843) 247-82-72 (опт)

КРАСНОДАР

ООО «Лань-Юг»,
ул. Жлобы, д. 1/1.
Тел. (861) 274-10-35

КРАСНОЯРСК

ИП «Войда С.А.».
Тел.: (3912) 58-52-66,
41-27-04 (опт)

ООО «Компания Партнер»,
пер. Телевизорный, д. 3, оф. 101.
Тел.: (3912) 46-65-50, 47-81-60

ООО «Мила-В»,
ул. Ленина, д. 63.
Тел. (3912) 27-59-12

НОВОСИБИРСК

ООО «СпецКнига»,
ул. Часовая, д. 6/2.
Тел. (383) 335-61-64

ОМСК

МУП «Омский книготорговый дом»,
ул. Красный Путь, д. 80;
ул. Герцена, д. 38.
Тел.: (3812) 24-64-56, 25-04-14

ИП «Спицин В.Н.»,
ул. Ленина, д. 19.
Тел.: (3812) 24-65-35, 23-64-67

ПЕРМЬ

ООО «Лира-2»,
ул. Леонова, д. 10 А.
Тел.: (342) 26-44-10, 26-66-91

ООО «Пермкнига»,
ул. Ладыгина, д. 6.
Тел.: (342) 242-84-90, 242-72-74.
Интернет-магазин: www.knigaperm.ru

РОСТОВ-НА-ДОНУ

ИП «Лавелин Я.С.»,
Доломановский пер., д. 11 Б.
Тел.: (863)282-63-62, 282-63-63

РЯЗАНЬ

ООО ТД «Барс-1»,
Московское шоссе, д. 5.
Тел. (4912) 93-29-55

САМАРА

ООО «Новая Книга»,
ул. Куйбышева, д. 28 А, оф. 136.
Тел. (846) 342-65-19

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ООО «Бизнес-Пресса»,
ул. Разъезжая, д. 39.
Тел.: (812) 764-74-82, 764-57-00

ООО «Лань-Трейд»,
ул. Крупской, д. 13.
Тел.: (812) 412-22-32, 412-85-91

ООО «Санкт-Петербургский
Дом Книги»,
Центральный, Невский просп., д. 28.
Тел. (812) 448-23-57

САРАТОВ

ИП «Сергеев В.С.»,
ул. Чапаева, д. 4.
Тел. (8452) 20-65-70

СОЧИ

МУП «Книги»,
ул. Навагинская, д. 12.
Тел.: (8622) 64-14-61, 64-69-28

ЧЕБОКСАРЫ

ГУП «Учколлектор»
Минобразования Чувашии,
Школьный проезд, д. 6 А.
Тел.: (8352) 56-24-75, 56-08-55

ЧЕЛЯБИНСК

ООО «ИнтрСервис ЛТД»,
ул. Кирова, д. 124.
Тел.: (351) 247-74-01, 247-74-02

ХАБАРОВСК

ООО «Деловая Книга»,
ул. Путевая, д. 1.
Тел. (4212) 36-06-65

ЯРОСЛАВЛЬ

ЗАО «Ярославкнига»,
ул. Блохера, д. 21.
Тел. (4852) 55-62-10