


ГИМНАСТИКА. СЕКРЕТЫ ЭФФЕКТИВНОГО ДВИЖЕНИЯ

An abstract diagram consisting of several white dots connected by curved white arrows, illustrating various movement trajectories. The paths are complex and overlapping, suggesting dynamic and interconnected motion patterns.

БИОМЕХАНИКА,
СТРУКТУРА, ТЕХНИКА

ЮРИЙ КОНСТАНТИНОВИЧ
ГАВЕРДОВСКИЙ

Юрий Константинович Гавердовский

Гимнастика. Секреты эффективного движения. Биомеханика. Структура. Техника

*http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=69507358
ISBN 9785006036055*

Аннотация

В монографии профессора Ю. К. Гавердовского излагаются биомеханические основы техники современных гимнастических упражнений. На базе многолетних исследований и личного опыта работы в сборных командах страны, автор детально рассматривает физические, физиологические, системно-структурные основы построения гимнастических упражнений, с научных позиций анализирует основные виды двигательных действий гимнаста. Для тренеров, специалистов по гимнастике, студентов

Содержание

От автора	6
Часть первая	10
Глава 1. ДВИГАТЕЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ	10
1.1. ГИМНАСТИЧЕСКИЕ СНАРЯДЫ	10
1.2. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЙ ГИМНАСТА	12
1.3. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИМНАСТИКИ	16
1.4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ	19
1.5. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ	22
Часть вторая	30
ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ГИМНАСТА	31
Глава 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ГИМНАСТА	31
2.1. ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИКИ ОДА ГИМНАСТА	32
2.2. ЭЛЕМЕНТЫ ДИНАМИКИ ОДА	47

ГИМНАСТА	
Глава 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ГИМНАСТА	83
3.1. ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕФЛЕКСЫ	83
3.2. РАБОТА МЫШЦ	113
3.3. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯМИ	144
3.4. ДВИГАТЕЛЬНАЯ ОШИБКА	165
Часть третья	170
Глава 4. ОТТАЛКИВАНИЕ И ПРИЗЕМЛЕНИЕ	170
4.1. ОТТАЛКИВАНИЕ	170
4.2. ПРИЗЕМЛЕНИЕ	210
Глава 5. МАХИ И ВРАЩЕНИЯ НА ОПОРЕ	223
5.1. ДИНАМИКА МАХОВ НА ОПОРЕ	223
5.2. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ВРАЩЕНИЙ НА ОПОРЕ	244
Конец ознакомительного фрагмента.	249

**Гимнастика. Секреты
эффективного движения
Биомеханика.
Структура. Техника**

**Юрий Константинович
Гавердовский**

Дизайнер обложки Алексей Малина

Редактор Полина Гавердовская

Редактор Александр Самусенков

Фотограф Елена Ростунова

Корректор Оксана Ляхова

© Юрий Константинович Гавердовский, 2023

© Алексей Малина, дизайн обложки, 2023

© Елена Ростунова, фотографии, 2023

ISBN 978-5-0060-3605-5

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

От автора

Эта книга об упражнениях современной спортивной гимнастики.

Гимнастика – странный, единственный в своем роде вид спорта, использующий резервные двигательные возможности, дарованные человеку природой, но не востребованные в обиходе. Гимнастика – это искусство эстетически окрашенного движения, подобного музыке, состоящей из звуков, не известных в живой природе.

Но уникальность гимнастических упражнений не только в этом. В отличие от многих других видов спорта, основанных на естественных и, в принципе, мало меняющихся со временем формах действий и движений, (локомоции, единоборства, игры и др.) гимнастика, как вид спорта, предполагает не только возможность, но и необходимость постоянного, в масштабе лет, десятилетий, творческого обогащения круга движений, вносимых в спортивную практику в качестве предмета состязаний. Это не только количественно расширяет арсенал актуализованных форм гимнастических движений (давно насчитывающий тысячи наименований), но и неуклонно поднимает потолок сложности и трудности упражнений. Как следствие, это обуславливает и постоянную потребность обновления методов подготовки мастеров гимнастики.

Одним из важнейших разделов связанной с этим работы является креативный поиск, направленный на изучение, осмысление объективной, в первую очередь, биомеханической, сущности гимнастических движений, поскольку без этого успешное практическое освоение упражнений прогрессирующей сложности и трудности попросту невозможно.

Но с этим связана и другая, не менее важная сторона дела – это проблема популяризации научных основ анализа и описания структуры и техники гимнастических упражнений, проблема перевода языка научных исследований движений на общепонятный язык учебно-тренировочной практики.

Решению этих задач и посвящена настоящая монография. В ней детально, и насколько это было возможно, доходчиво рассматриваются биомеханические основы построения и исполнения гимнастических упражнений.

Материал книги опирается на целый ряд источников, таких как:

- многолетние исследования автора и его сотрудников в области структуры, техники гимнастических упражнений и обучения;
- более, чем 20-летний период работы в сборных командах СССР и России в качестве научного консультанта;
- опыт преподавательской работы в ГЦОЛИФК-РГУФКСМиТ (с 1962 г. до настоящего времени);

– консультативная работа и общение с тренерами и специалистами по гимнастике на многочисленных семинарах в СССР, России и за рубежом.

Все эти источники основаны на собственном, многолетнем труде – ничем незаменимом опыте автора в качестве гимнаста и тренера.

Следует отметить, что описание упражнений в предлагаемой книге имеет некоторые особенности. Автор не ставил своей целью систематическое описание всех характерных типов упражнений, как это уже имело место в других его публикациях. Многолетняя работа как с будущими, так и с действующими специалистами по гимнастике (включая уровень сборных команд) убедила автора, что наиболее проблемным моментом в подготовке и практической деятельности тренера является освоение им научных основ анализа гимнастических движений в непосредственной работе с гимнастами.

В связи с этим первые четыре части книги (главы 1—9) посвящены биомеханике гимнастических упражнений в соответствии с закономерностями, эффектами которой нужно уметь строить движение при его освоении и совершенствовании. Последняя, основная часть книги (главы 10—17), посвящена практическому материалу гимнастического многоборья. В этой части предлагается разбор разнообразных конкретных деталей техники упражнений, обычно не лежащих на поверхности и поэтому нередко являющихся причиной разного рода суждений, в том числе заблуждений тренеров

и, соответственно, затруднений в конкретной работе. Напротив, очевидные моменты, заведомо известные любому грамотному тренеру, в книге не комментируются.

В связи с этим отметим, что, несмотря на название монографии («Сложные гимнастические упражнения»), предметом анализа в книге нередко являются и самые доступные, «не проблемные» упражнения при условии, что они могут служить полезной моделью, раскрывающей сложные, тонкие структурно-технические детали движения, обобщение которых важно для понимания сущности гораздо более сложных упражнений.

И, наконец.

Работая над текстом книги, автор стремился к возможно более доходчивому и наглядному изложению материала, проиллюстрированному более чем четырьмястами аналитическими рисунками и кинограммами.

*Доктор педагогических наук,
профессор Ю. К. Гавердовский*

Часть первая ГИМНАСТИКА КАК ВИД СПОРТА

Глава 1. ДВИГАТЕЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ

1.1. ГИМНАСТИЧЕСКИЕ СНАРЯДЫ

Характерным атрибутом спортивной гимнастики, свойственным только для нее, являются специальные стандартизированные снаряды (см. ч. 5).

За годы возникновения и развития гимнастики как вида спорта, снаряды существенно модернизировались и, продолжая совершенствоваться, порой радикально изменялись. Характерный пример – брусья, которые до середины прошлого века были конструктивно одинаковыми для мужчин и женщин, а затем, в женской гимнастике, они преобразовались в устройство с равновысокой опорой (без изменения исходной конструкции снаряда). Еще позднее, следуя изменяю-

щимся стандартам ФИЖ, они постепенно превратились фактически в сдвоенную перекладину на растяжках.

Соответственно, радикально изменился и арсенал упражнений на вису: стали уходить из практики ранее чрезвычайно разнообразные упражнения в вису лежа на н.ж., и начала все шире использоваться опора тазобедренным сгибом на н.ж. (отмахи, обороты и пр.). Главным же фактором изменений стало постепенное, все большее разведение жердей, благодаря чему открылись широкие возможности для исполнения движений типа больших оборотов и т. п.

Один из важных эволюционных признаков, характеризующих модернизацию гимнастических снарядов – упругость опорных компонентов снаряда, позволяющая решить две кардинально важные эргономические задачи – энергонасыщение гимнастических движений и безопасность их исполнения.

Часть гимнастических снарядов, включая сопутствующие устройства, заведомо предполагала их упругие свойства (мостики, трамплины, батут), но и они существенно менялись с годами, становясь технически более совершенными и «биомеханичными».

Одновременно с этим и другие, изначально «жесткие» снаряды претерпевали конструктивные изменения, повышающие их эластичность. Даже такие снаряды как бревно и кольца до известной степени упруго амортизируют (а учебные бревна оснащаются концевыми упругими элементами

для исполнения соскоков). Высокой упругостью отличается конструкция перекладины, гриф которой делается из специальной легированной стали; упруги жерди мужских брусьев (особенно в середине пролета), весьма эластична современная конструкция женских брусьев на растяжках. Радикально изменилась конструкция помоста для вольных упражнений, который вместо простой площадки, покрытой ковром, с годами превратился в специальный упругий снаряд, приспособленный для эффективного исполнения акробатических прыжков. Учебная акробатическая («лыжная») дорожка также стала подчеркнута упругой. Радикальные изменения произошли со снарядом для опорных прыжков, когда вместо традиционного коня без ручек, поставленного продольно или поперек, современные гимнасты и гимнастки стали пользоваться универсальным упругим снарядом конструкции Spieth. Наконец, следующим, очевидно назревшим шагом в совершенствовании снарядов должно стать введение упругих снарядов с подстраиваемым под индивидуальные данные спортсмена коэффициентом упругости его рабочей зоны¹.

1.2. БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЙ ГИМНАСТА

В слове «От автора» было отмечено, что наиболее харак-

¹ Трамплины такого типа давно используются в прыжках в воду.

терная особенность гимнастики как вида двигательной деятельности человека, включая спорт, является искусственность гимнастических движений, что особенно ярко отражается на структуре и технике упражнений, исполняемых на снарядах. Отвлекаясь от конкретных видов гимнастического многоборья, можно видеть, что современная гимнастика опирается на следующий комплекс двигательных форм, показанных в таблице 1.1:

Перемещения на ногах – практически единственная естественная форма действий-движений в гимнастике, включающая в себя разнообразные шаги, перемещения на ногах, бег, многосоки и т.п., движения локомоторного типа.

Двигательная пластика в форме свободных движений руками, туловищем, ногами, выполняемых как в статических положениях, так и с передвижениями, изменениями позы, малоинерционными опорными поворотами и др. Практически все это, в первую очередь, элементы общеразвивающих упражнений и хореографии.

Малая (непрыжковая) акробатика в форме перекатов, кувырков вперед, назад, боком, переворотов, кульбитов, полупереворотов вперед, назад, боком, элементов брейк-данса.

Равновесные упражнения в форме стоек на руках (в статике и в качестве исходных и конечных положений упражнений), стоек или равновесий на ногах и в аналогичных опорах, требующих балансирования.

Силовые упражнения в форме неинерционных подъемов,

опусканий, силовых фиксаций в положениях висов и упоров.

Махи в висах и упорах на снарядах в форме вращательных движений вокруг опоры (маятникообразные размахивания, подъемы и спады, обороты и др. на перекладине, кольцах, брусьях разной высоты и др.; то же с усложнениями в форме поворотов вокруг продольной оси тела).

Махи ногами в упорах в форме плоских и конических маятникообразных махов.

Отталкивания в разных опорных положениях – ногами, кистями рук, плечами, тазом, спиной и др. в прыжковой акробатике, опорных прыжках, при исполнении подъемов, отмахов, соскоков на снарядах и т. п.

Безопорные (полетные) перемещения с движением ОЦМ тела по параболической траектории как составная часть сложных движений.

Безопорные вращения вокруг центральных осей тела в форме соскоков, подлетов, перелетов и прыжков типа одинарных или кратных сальто с вращением вокруг одной оси (фронтальной – назад/вперед, сагиттальной – боком влево/вправо; продольной – влево/вправо) или со сложноосными вращениями типа сальто с поворотом (акробатика, опорные прыжки, перекладина, брусья, кольца, брусья разной высоты, бревно).

Демпфирующие двигательные действия в форме приземлений и возвратных приходов (или наскоков) на снаряд, выполняемых в остановку (доскоки с приходом на ноги, прихо-

ды с полета в стойку и др., по типу соскоков, прыжков, подлетов, перелетов и т.п.) и в движении.

ДЕЙСТВИЯ, ДВИЖЕНИЯ	ВИДЫ МНОГОБОРЬЯ						
	Прекл. бр. р.в.	Брусья	Кольца	Конь	Прыжок	Акробатика	Бревно
Перемещения на ногах					+	+	+
Двигательная пластика							+
Малая акробатика						+	+
Равновесные упражнения		+	+	+		+	+
Силовые упражнения		+	+			+	+
Махи в висах и упорах	+	+	+				
Махи ногами				+		+	
Отталкивания ногами, руками					+	+	+
Безопорные перемещения	+	+	+		+	+	+
Безопорные вращения	+	+	+		+	+	+
Демпфирующие действия	+	+	+		+	+	+

Таблица 1.1. Виды действий-движений в гимнастическом многоборье

Названные биомеханические формы являются либо определяющим, либо составным компонентом гимнастических упражнений. Так, простейшие элементы вольных упражнений целиком основываются на элементарной двигательной пластике или малой акробатике, в то время как наиболее сложные из них могут включать в себя целый комплекс биомеханических форм. Например, акробатическое двойное сальто с поворотом включает в себя мощное отталкива-

ние, безопорное параболическое перемещение тела, его вращение «по сальто», вращение вокруг продольной оси тела в «повороте»², демпфирующее приземление и балансирующие действия для сохранения равновесия в позе «доскока».

Из табл. 1.1 также видно, что наиболее богаты разнообразными двигательными формами такие виды многоборья, как вольные упражнения и бревно, и наиболее специфичный из них вид – махи ногами на коне.

Понимание биомеханического смысла гимнастических упражнений, в том числе их состава (как в приведенном выше примере с акробатическим сальто) принципиально важно для построения перспективно ориентированной специальной технической, физической и функциональной подготовки квалифицированного гимнаста.

1.3. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГИМНАСТИКИ

Высококвалифицированные гимнасты и гимнастки отличаются характерной телесной конституцией, особенности которой диктуются необходимостью двигательных манипуляций собственным телом при высоком запросе к показателям относительной силы, быстроты, мощности двигательных действий.

² Строго говоря, в таких движениях тело вращается сразу вокруг всех трех центральных осей тела.

Поэтому предпочтительный масс-геометрический тип телосложения в гимнастике, обусловленный, прежде всего, отбором – это спортсмены относительно небольшого роста и веса тела.

Статистические данные показывают, что наиболее предпочтительный рост гимнастов-мужчин колеблется в пределах 164—172 см при весе тела 56—68 кг. У женщин оптимальные величины составляют, соответственно, 150—160 см и 38—50 кг. Средний возраст 189 мужчин, участников Чемпионата мира 2005 года в Мельбурне, составил 23,1 года, 108 женщин – 18,2 года. Вместе с тем, в отдельных случаях достаточно высокие результаты могут показывать и спортсмены, показатели которых выходят за пределы среднестатистических данных (табл. 1.2).

Экстремальная характеристика	Мужчины	Женщины
«Самый молодой»	Луис Смит, 16 лет (Великобритания)	Юлия Ложечко, 16 лет (Россия)
«Самый возрастной»	Еспен Янсен, 37 лет (Норвегия)	Оксана Чусовитина, 30 лет (Узбекистан)
«Самый рослый»	Яни Тансканен, 182 см (Финляндия)	Марси Бернхольтц, 173 см (Канада)
«Самый малорослый»	Фабиен Хамбухен, 151 см (Германия)	Ольга Щербатых, 136 см (Украина)
«Самый легкий»	Фабиен Хамбухен, 45 кг (Германия)	Ольга Щербатых, 29 кг (Украина)
«Самый тяжелый»	Яни Тансканен, 84 кг (Финляндия)	Марси Бернхольтц, 68 кг (Канада)

Таблица 1.2. Экстремальные весо-ростовые и возрастные показатели участников чемпионата Мира 2005 г. в Мельбурне.

Курс на омоложение гимнастики, вызванный бурным прогрессированием сложности упражнений и повышением требований к физической и технической подготовке спортсменов, привел к появлению на международной арене высококлассных юных гимнастов, потеснивших ветеранов.

В процессе многолетней подготовки, с увеличением возраста гимнастов и гимнасток существенно изменяются их масс-геометрические показатели (табл. 1.3). Наиболее выраженные возрастные изменения происходят с весо-ростовыми показателями, которые должны тщательно отслеживаться. Выход этих параметров за средне-оптимальные ориентиры как при отборе, так и в процессе углубленной подготовки, является поводом для принятия решений относительно индивидуальной направленности процесса обучения-тренировки, а в крайних случаях – для рекомендации к переориентации в спорте.

Мужчины			Женщины		
Возраст, лет	Ср. величина		Возраст, лет	Ср. величина	
	Длина тела, см	Вес тела, кг		Длина тела, см	Вес тела, кг
6	116,0	21,3	5	108,6	16,5
7	121,3	23,2	6	112,4	18,7
8	126,3	24,6	7	116,8	20,2
9	128,5	26,3	8	122,6	22,5
10	132,0	28,7	9	126,3	24,5
11	136,0	30,4	10	128,1	26,6
12	140,3	33,7	11	135,4	29,4
13	144,6	36,4	12	139,4	30,6
14	148,5	40,3	13	143,0	33,4
15	155,1	46,5	14	145,9	35,3
16	158,1	52,1	15	148,2	38,7
17	161,7	54,6	16	149,4	40,9
18	164,8	57,0	17	150,1	41,8
19 и старше	167,2	62,2	18		

Таблица 1.3. Изменение масс-геометрических параметров тела гимнастов и гимнасток в зависимости от их возраста, средние данные (Е. Ю. Розин).

1.4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИФИКА СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ

В функциональном отношении гимнастика может быть отнесена к видам двигательной деятельности с мышечной работой преимущественно субмаксимальной мощности при анаэробно-аэробном механизме энергообеспечения этой работы.

По понятной причине тренировка гимнаста сконцентрирована на упражнениях многоборья. При обучении это, как

правило, отдельные элементы и соединения, а при тренировочной работе (в узком смысле) или при подготовке к соревнованиям – целостные комбинации. При работе «по элементам» длительность работы в подходе составляет порядка 5—6 с, при выполнении соединений – от 5 до 10 с, при исполнении целостных комбинаций в вольных упражнениях – до 70 с у мужчин и до 90 с у женщин (табл. 1.4).

Вид многоборья	Длительность, с
Мужчины	
Вольные упражнения	65
Конь	32
Кольца	42
Прыжок	5,2
Брусья	35
Перекладина	40
Женщины	
Прыжок	5,5
Брусья р.в.	32
Бревно	85
Вольные упражнения	87

Таблица 1.4. Средняя длительность упражнений на видах

гимнастического многоборья.

Поскольку длительность и интенсивность работы на видах многоборья весьма разнообразны, ее физиологическая, в том числе биохимическая оценка не поддаются однозначному определению.

Работа при выполнении отдельных упражнений, носящих выраженный атлетический характер и выполняемых в полную силу, таких как акробатические и опорные прыжки, сложные соскоки и перелеты, может быть отнесена к работе максимальной мощности.

Выполнение комбинаций таких упражнений может быть отнесено к работе субмаксимальной мощности.

Тренировка интервального характера на видах многоборья, сопровождающаяся работой с паузами между попытками и подходами – это работа умеренной мощности.

Наконец, выполнение движений типа выразительной пластики, хореографии – это пример работы малой мощности.

В среднем за время тренировочного занятия ЧСС гимнаста колеблется в пределах 140—170 уд. /мин, снижаясь в паузах во время отдыха до цифр порядка 120 уд. /мин. В отдельные краткие моменты (длительностью не более нескольких секунд) значение ЧСС может достигать значений до 200 уд. /мин.

Таким образом, очевидно, что физиологические признаки работы в гимнастике очень разнородны. Это обуславливает

целый ряд трудностей в определении, контроле, учете и планировании тренировочной нагрузки, ее объема и интенсивности.

Тип дыхания гимнаста, выполняющего упражнение на поверхностях, может сопровождаться эпизодами полной задержки дыхания при выполнении высокоинтенсивных упражнений типа прыжков и, в особенности, трудных силовых упражнений, когда закрывается голосовая щель и возникает натуживание, сопровождающее максимальные мышечные усилия. При характерной как для этих случаев, так и вообще для многих гимнастических упражнений анаэробной работе, образуется кислородный долг, который компенсируется только в паузах, при снижении интенсивности работы или после ее полного прекращения.

1.5. ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СПОРТИВНОЙ ГИМНАСТИКИ

Психология гимнастики как самостоятельного вида спорта может быть сформулирована посредством ее психограммы.

1.5.1. Психограмма спортивной гимнастики

Под этим термином понимается система признаков, которыми определяется психологическая специфика данного вида спорта и соответствующий ей запрос к психике за-

нимающихся. С этой точки зрения психологическая подготовка в спортивной гимнастике представляет собой работу, направленную на приведение психологического статуса спортсмена в соответствие с психограммой этого вида спорта.

Основные положения психограммы спортивной гимнастики:

1. Как отмечалось выше, гимнастика представляет собой род искусственных телодвижений, мало связанных с естественной моторикой, обиходными действиями и движениями. Это предопределяет многие особенности специальной подготовки в гимнастике, прежде всего обучение упражнениям, а также специфически формирует восприятие гимнаста и его психические качества.

2. Главный объект чувственного восприятия гимнаста – компоненты абсолютного и относительного движения собственного тела и его звеньев, тогда как в других видах спорта, особенно игровых, решающую роль играют перцептивный образ изменяющегося внешнего окружения и двигательные ситуации, зависящие от партнера или соперника. В этом контексте наиболее благоприятный психотип гимнаста – это интроверт или амбиверт.

3. Сенсомоторика гимнаста базируется преимущественно на восприятиях, связанных с мышечно-двигательной (проприоцептивной), зрительно-вестибулярной и тактильной чувствительностью, и в меньшей степени – со слу-

хом. Важную роль играет также чувство темпоритма действий-движений, которое опосредуется другими видами восприятия.

4. Несмотря на необходимость оперативного управления движением и его варьирования, для гимнастики в наибольшей степени характерны не столько качественные реакции выбора, сколько количественные, т.е. параметрические дифференцировки, связанные с оперативным управлением и коррекцией движения.

5. Требования к скорости двигательной реакции в гимнастике специфичны. В отношении сложных реакций с выбором (не обусловленных программой движения) они не столь высоки как, например, в противоборствах. Однако по мере совершенствования двигательного навыка и возрастания мастерства спортсмена, скорость конструктивного ответа исполнителя на возможные флуктуации движения возрастает, приближаясь в отдельных случаях к скорости простой двигательной реакции.

6. Реакции антиципации в гимнастике связаны со способностью спортсмена оперативно отслеживать относительное движение, т.е. не движение наружных объектов, которых в данном случае нет, а процесс движения собственного тела относительно внешних неподвижных ориентиров, отраженный зрительным и вестибулярным восприятием, и на этой основе экстренно прогнозировать дальнейшие события и возможные в этом случае целесообразные дей-

ствия.

7. В зависимости от скорости движения, для гимнаста существенны реакции антиципации разных уровней. Для исполнения быстрых и умеренно-быстрых движений наиболее характерны субсенсорный и сенсорный уровни реакций; при относительно медленных действиях все большую роль начинают играть сенсомоторный, перцептивный уровни и т.н. уровень представлений.

8. Наряду с относительно медленными и умеренно быстрыми движениями, доступными для непрерывного или избирательного управления на основе сенсорных коррекций, в гимнастике используется большое число быстрых, импульсных двигательных, практически недоступных для оперативного управления движений. В этом последнем случае эффективны методы организации управляющей среды с использованием системы визуальных, звуковых, если возможно – тактильных ориентиров, «в рамках» которых гимнаст должен строить движение.

9. Процесс исполнения гимнастических упражнений, особенно при обучении, требует навыков концентрации внимания на основных объектах управления движением. Наиболее успешно решение связанных с этим задач, удается гимнастам с темпераментом сильного уравновешенного типа, т.е. сангвиникам и флегматикам.

10. При исполнении и освоении гимнастических упражнений важную роль играет доступный спортсмену объем

внимания и связанная с ним эффективность самоконтроля движений. При освоении относительно быстрых движений гимнаст, как правило, затрудняется одновременно контролировать максимум 3—4 осознаваемых объекта, связанных с чувственным восприятием собственных действий-движений. Этим обуславливаются ограничения, налагаемые на постановку задач при обучении, связанных с управлением двигательным действием.

11. В отличие от игровых видов спорта и единоборств, переключение внимания в гимнастике в значительной степени структурировано заранее известной программой и необходимостью пофазного самоконтроля движения, что требует соответственно организованных навыков.

12. Кардинальную роль в освоении и исполнении гимнастических упражнений играют полимодальные двигательные представления, формирующиеся в процессе обучения и совершенствующиеся на протяжении всего периода эксплуатации упражнения в исполнительской практике.

13. Подготовка очередного двигательного акта в гимнастике (в режиме «попытка – отдых – попытка»), в значительной степени опирается на двигательные представления в форме идеомоторики; овладение приемами идеомоторной настройки на исполнение упражнения – один из важных элементов обучения и спортивного совершенствования гимнаста.

14. Освоение и исполнение гимнастических упражнений

строится по психологической «канве» субъективных ощущений, играющих роль чувственных «опорных точек»³; при обучении конкретному упражнению гимнаст должен уметь осознанно и целенаправленно строить систему таких ощущений, лежащую в основе управления движением.

15. В процессе уточнения движения и исправления двигательных ошибок гимнаста важную роль играют словесные методы, содействующие осознанию спортсменом собственного двигательного действия и «разворачиванию ориентировочной основы действий» в соответствии с механизмом экстерииоризации, понимаемой как процесс деавтоматизации двигательного действия с возвращением способности сознательно контролировать действие-движение.

16. Для занятий гимнастикой, как в учебно-тренировочном процессе, так и на соревнованиях, характерны состояния высокой эмоциональной напряженности, требующие владения навыками психической саморегуляции.

17. В гимнастике, в особенности на этапе высшего мастерства, требуются свойства психики и навыки психологической настройки, позволяющие бороться со сбивающими факторами посредством сосредоточения на предстоящей двигательной задаче и «отключения» от внешних раздражителей с переходом во «внутренний круг внимания».

³ Термин из «концепции поэтапного формирования умственных действий» П. Я. Гальперина, адаптированной для спорта (работы М. М. Богена) и конкретно для гимнастики (работы Ю. К. Гавердовского). Ключевое понятие данной концепции – «ориентировочная основа действий» (см.).

18. Подготовка гимнаста предполагает также владение навыками саморегуляции, позволяющими наиболее адекватно реагировать на благоприятные внешние факторы, которые должны использоваться как средство оптимизации психического состояния, не вызывая при этом сбивающих воздействий (социальная фасилитация).

19. Психическая мобилизация в гимнастике, как и в других ациклических действиях, в отличие от непрерывной деятельности игрового типа, интервально структурирована по принципу «от попытки к попытке» и требует соответствующих навыков пофазного психологического переключения.

20. Соревнования по гимнастике (как и во всех видах спорта, основанных на действиях «от попытки к попытке») строятся в форме опосредованной борьбы с соперником, лишенной реальных возможностей двигательной импровизации, включая оперативную реакцию на действия конкурента. Это требует от гимнаста, прежде всего, владения навыками сосредоточения на собственных эмоционально-волевых процессах, часто носящих характер «борьбы с самим собой».

21. Работа над гимнастическими упражнениями нередко связана с преодолением чувства страха и требует волевых качеств, таких как решительность, смелость, проявление которых, однако, обычно не носит ситуационного характера, а заранее обусловлено программным характером деятельности спортсмена.

22. Волевая мобилизация гимнаста является также сред-

ством высшей концентрации физических усилий, необходимых для выполнения упражнений с максимальным мышечным напряжением.

23. Работа над субъективно опасными гимнастическими упражнениями, а также их многократное выполнение на соревнованиях вызывают значительное нервное утомление, что соответственно предъявляет требования к воспитанию эмоциональной выносливости.

24. Поскольку в гимнастике, как и в других технико-эстетических видах спорта, требуется непрерывное обновление соревновательной программы спортсмена, связанное с постоянной, весьма трудоемкой учебно-тренировочной работой, последняя не может быть успешной без должной психической мотивации.

25. Как технически сложный вид спорта, гимнастика требует от занимающихся достаточно сложной, часто напряженной интеллектуальной работы и соответствующего теоретико-методического совершенствования, в том числе ментального совершенствования.

Часть вторая

ДВИГАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ГИМНАСТА

Глава 2. ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ГИМНАСТА

Опорно-двигательный аппарат человека (ОДА), в том числе гимнаста – своеобразная машина, отличающаяся, однако, от искусственных механизмов исключительным многообразием, управляемой изменчивостью и даже избыточностью своих функций. Выдающийся российский физиолог Н. Е. Введенский отмечал, что человек, ОДА которого обладает громадным числом потенциальных возможностей движения, не мог бы выполнять координированные действия, если бы не умел исключать избыточные степени свободы, превращая тем самым свой двигательный аппарат в рабочую машину, действующую в каждый данный момент по совершенно определенной программе, способной, однако, быстро и целесообразно перестраиваться в зависимости от цели действия.

Чтобы иметь достаточно детальные представления о биомеханике ОДА гимнаста и связанных с этим двигательными возможностями, необходимо рассмотреть основные особенности как кинематики, так и динамики ОДА.

2.1. ЭЛЕМЕНТЫ КИНЕМАТИКИ ОДА ГИМНАСТА

2.1.1. Тело гимнаста как биокинематическая цепь

С точки зрения технической механики, тело человека, в данном случае гимнаста, подобно цепи звеньев, последовательно соединенных подвижными шарнирами (суставами). Анализируя кинематические свойства этой «машины», оперируют тремя основными понятиями: «звено», «пара» и «цепь».

Кинематическое звено (КЗ) – наиболее простой структурный элемент «человеческой машины», обычно совпадающий с понятием анатомического звена, соединенного суставами со смежными звеньями. В зависимости от положения, которое занимает КЗ в цепи звеньев, оно может быть срединным или концевым. К первым относятся, например, плечо, бедро, туловище, ко вторым – стопа, кисть, голова. Однако, в зависимости от характера исполняемого действия, в роли «концевых» или «срединных» могут быть различные содружества звеньев. Например, рука, фиксированная в су-

ставах кисти, запястья и локтя, может играть роль единого концевой звена, а все тело гимнаста, фиксированное во всех суставах, кроме тазобедренных, превращается в кинематическую пару с двумя концевыми звеньями. От места звена в цепи звеньев существенно зависит его вклад в управление движением (см. ниже).

Кинематическая пара (КП) это два звена (или две «закрепленные» совокупности звеньев), соединенных общим суставом или суставами. Таковы плечо и предплечье, с локтевым суставом между ними, голень и бедро с коленным суставом посередине, ноги и туловище с головой, вращающиеся относительно друг друга в тазобедренных суставах и др. Движения в таких КП могут вызываться как внутренними силами, действующими в цепи, так и внешним силовым воздействием.

Наиболее важный фактор движения в КП – внутренние силы, т.е. действие мышц, перекинутых через сустав, соединяющий звенья пары. Так, сгибатели и разгибатели предплечья или бедра могут не только обеспечивать в суставе движения, прямо соответствующие названию этих мышц, но и совершать взаимно согласованные («шунтирующие») действия, когда мышцы-антагонисты участвуют в управлении движением, в основном выполняемом агонистами, например, сдерживают ранее заданное движение в суставе.

В свою очередь, в качестве внешних сил, способных вы-

звать движение в КП, могут выступать сила тяжести, инерционный «напор», возникающий в момент приземления и др.

Кинематическая цепь (КЦ) – совокупность нескольких КП. В роли КЦ могут быть как совокупности звеньев тела гимнаста (конечности, туловище), так и все его тело. В зависимости от особенностей взаимодействия звеньев тела гимнаста между собой и с опорой различают три принципиально важных разновидности КЦ (рис. 2.1).

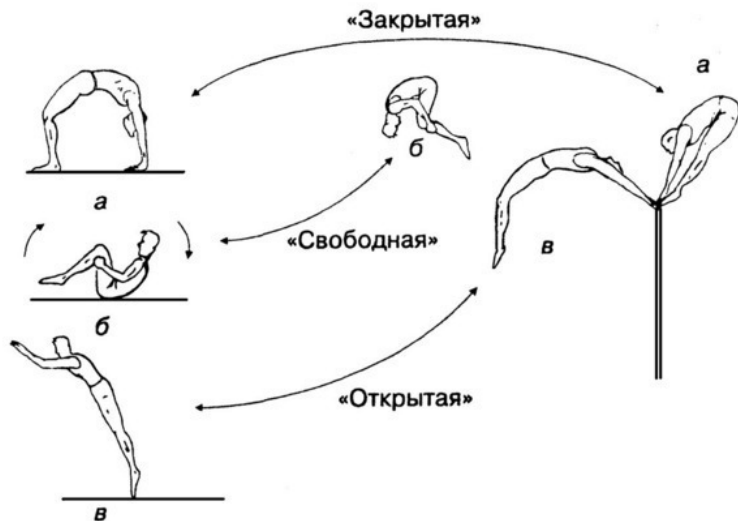


Рис. 2.1. Виды кинематических цепей

Закрытая КЦ – характерна для положений, в которых концевые звенья цепи фиксированы на опоре. Таковы, например, цепь, образуемая ногами и тазовым поясом человека, стоящего на земле в стойке «ноги врозь»; цепь в виде руки, поставленной на пояс или все тело в положении «упора стоя», «мостика» (рис. 2.1, *а*) и т. п. Очевидно, что в таких условиях спортсмен ограничен в двигательных возможностях, энергонасыщенные суставные движения для него затруднительны, и чаще всего действия в положении с закрытой КЦ – это просто удержание позы, а не координированное ее изменение.

Свободная КЦ – антитеза закрытой цепи. Это случаи безопорного движения, характерные для бега, прыжков, гимнастических соскоков со снарядов и т. п. (рис. 2.1, *б*), когда в роли КЦ выступает все тело спортсмена. Подвижность звеньев такой цепи не ограничена внешней опорой, но зависит от положения звена в системе. По понятным причинам наиболее подвижны края такой цепи, тогда как срединные ее звенья несколько ограничены связями. Двигаясь в полете, гимнаст может свободно менять позу и в определенных параметрических границах управлять вращением тела. Однако он лишен возможности изменять базовые характеристики движения – траекторию ОЦТ, высоту и время полета, кинетический момент, определяющий интенсивность «крутки» и др. (см.)

Открытая КЦ – случай, наиболее характерный и важный

как с точки зрения описания структуры и техники гимнастических упражнений, так и в отношении обучения движениям (рис. 2.1, в). Свойствами открытой КЦ обладает все тело спортсмена, если опорой фиксирован только один конец цепи (*в*). Биомеханически открытой КЦ являются и свободные конечности спортсмена – нога, совершающая взмах, рука, выполняющая «волну» и т. д. Специфическим случаем возникновения открытой КЦ являются движения с опорой животом или тазом, когда тело спортсмена «делится» опорой пополам, как бы образуя две открытые полуцепи.

В отношении управления, движения, выполняемые в положении открытой КЦ, наиболее богаты возможностями. Если при закрытых цепях тело спортсмена слишком связано с опорой, а при свободных КЦ, напротив, вообще лишено ее (что означает невозможность радикального управления движением), то открытая КЦ предоставляет исполнителю наибольшие возможности для выполнения активных целевых действий.

Реальное гимнастическое упражнение, взятое в динамике, как правило, сопровождается изменениями кинематического статуса тела спортсмена. Так, движение на «соскок дугой», показанное на рис. 2.1, начинается из упора стоя согнувшись, т.е. в положении типа закрытой КЦ (*а*). После освобождения ног гимнаст переходит в положение открытой КЦ (*в*) и мощно разгибается, обеспечивая тело энергией, необходимой для выполнения решающей части программ-

ного движения. В полете тело становится свободной КЦ (б), а после приземления вновь переходит в состояние открытой КЦ. Таким образом, спортсмен должен соответственно перестраивать двигательные действия, исходя из оперативных физических условий.

2.1.2. Степени свободы звеньев открытой КЦ

Разнообразие и сложность движений звеньев тела гимнаста, свобода управления ими и их энергонасыщение зависят не только от типа действующей в данный момент КЦ, но и от положения каждого звена в цепи. В особенности это относится к открытым КЦ.

На рис. 2.2. на примере гимнастического вися показано как изменяется число степеней свободы звеньев тела спортсмена. Чем дальше от опоры расположено звено цепи, тем выше его потенциальная подвижность. В положении с полностью фиксированными суставами (а-б) все звенья системы имеют только одну степень свободы и, соответственно, лишь одну возможность вращаться всем фиксированным телом в переднезадней плоскости. Но последовательное введение в движение других суставов (б-в, в-г и т.д.) позволяет суммировать степени свободы и наращивать тем самым подвижность звеньев тем больше, чем дальше звено расположено от опоры.

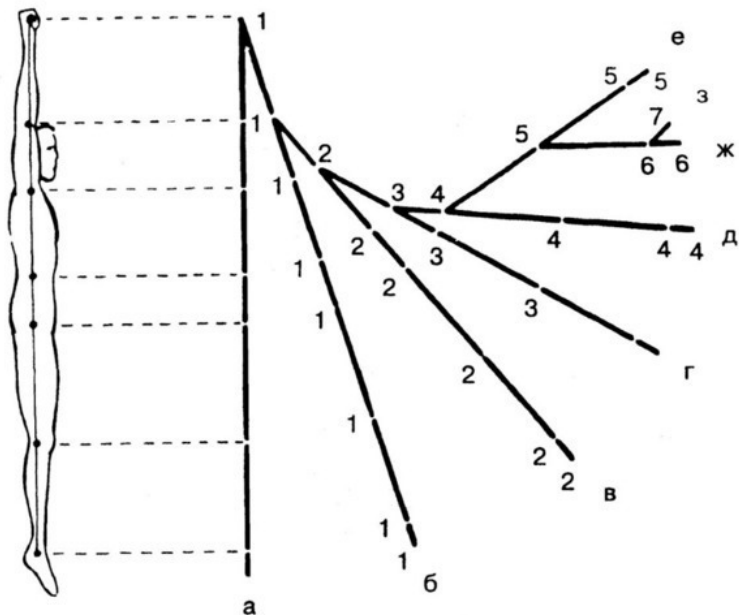


Рис. 2.2. Вис как открытая кинематическая цепь. Степени свободы звеньев.

Необходимо особенно подчеркнуть, что высокая подвижность концевых звеньев КЦ чрезвычайно важна не только в плане координации движений, но и в отношении энергообеспечения упражнения: при движениях типа «мах» в висах и упорах концевые звенья КЦ не только обладают наибольшим числом степеней свободы, но, как правило, перемещаются с максимальной окружной скоростью, т.е. облада-

ют, сравнительно с другими звеньями КЦ (даже такими массивными, как туловище) наибольшей кинетической энергией, которая при определенной технике передается на смежные звенья, и в конечном итоге, на все тело, обеспечивая этим выполнение программного движения.

2.1.3. Кинематика пояса верхних конечностей

Наиболее характерные рабочие положения гимнаста на снаряде – это положения с опорой на руки, т.е. упоры, висы, стойки. В их числе не только наиболее естественные, доступные для освоения, анатомически удобные положения, но и (что характерно для гимнастики высших достижений) нарочито усложненные, требующие специальной подготовки. Таковы положения типа висов сзади или в аномальных хватах, движения, требующие выкручивания в плечевых суставах и т. п. При этом те и другие тесно связаны морфологически: именно на переходах от «удобных» положений к «неудобным», усложненным и обратно построены многие упражнения.

В связи с этим возникают вопросы, ответы на которые должны представлять интерес для каждого продвинутого тренера.

Пределы подвижности в суставах ПВК. Техника и качество исполнения многих гимнастических упражнений, сопровождающихся опорой руками (кистями) о снаряд, в зна-

чительной степени зависят от показателей подвижности в суставах ПВК; подвижность кисти и руки относительно туловища при опорных поворотах, дохватах, перехватах и т. п. – важный показатель подготовленности и технического потенциала гимнаста в движениях, требующих высокой подвижности такого рода.

На рис. 2.3 показаны три характерные зоны, которые выделяются для такой подвижности (на примере пронации по Ю. К. Гавердовскому, К. Абдельвахабу, 1982).

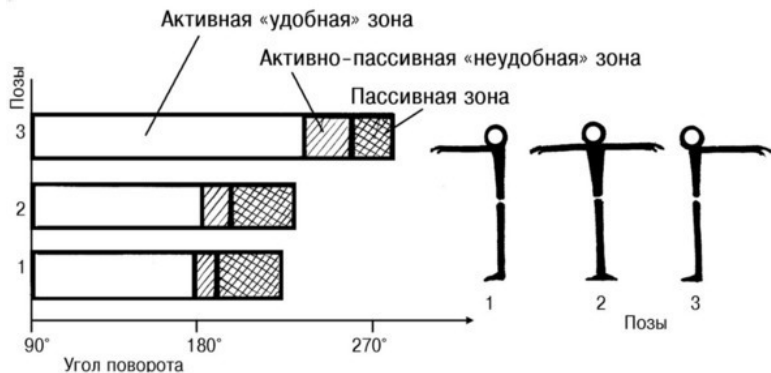


Рис. 2.3. Пределы подвижности в суставах в зависимости от положения рук.

Активная «удобная» зона. В пределах этой зоны гимнаст активно, за счет собственной мышечной работы, поворачивает звено до доступного предела и некоторое время удерживает

вает его в этом положении. Именно так приходится действовать при дохватах, перехватах и некоторых поворотах вокруг опорной кисти.

Активно-пассивная «неудобная» зона. Гимнаст может более резким движением достичь предела амплитуды, несколько большего, чем в предыдущем случае, но уже не может самостоятельно зафиксировать достигнутое положение звена. Так, если кисть предельно пронировалась, мышцы-супинаторы, натягиваясь, тем больше препятствуют пронации, чем резче, активнее последняя осуществлялась.

Пассивная зона. Наконец, достичь наибольшей подвижности звена, превышающей показатели двух предыдущих случаев, можно только под значительным внешним воздействием, как это бывает, например, в висах сзади под действием силы тяжести, инерционных сил или благодаря внешней помощи.

В гимнастической практике подвижность звена в пассивной зоне – наиболее важный, базовый показатель подготовленности гимнаста, «разработанности» его суставов и окружающих их мышечно-связочного аппарата. Чем лучше она выражена, тем больше за ней «подтягиваются» и остальные показатели подвижности.

Подвижность при выкрутах в плечах – необходимое двигательное качество гимнаста, являющееся частным случаем подвижности в суставах. При вкручиваниях – выкру-

чиваниях хватом сверху руки гимнаста, связанные опорой (гимнастической палкой или стационарной опорой) должны преодолевать критическую зону, в которой происходит переход головки сустава в новое положение. При вкручивании с движением рук назад за голову (с плечевым сгибанием) эта зона располагается после прохождения руками лицевой плоскости, а при обратном движении, выкручивании (с плечевым разгибанием) – там же, на подходе к лицевой плоскости. При этом в решающий момент происходит своеобразный скачкообразный «прорыв» в новое положение, который возможен лишь при условии создания необходимого и достаточного «напряжения» в плечевых суставах, возникающего тем позднее, чем больше руки сведены на жесткой опоре и чем «жестче плечи». Обычно для подготовленных спортсменов или, например, детей, гимнасток с более «мягкими» плечами, величина описанной критической зоны вкручивания-выкручивания уменьшается.

Аксиальная взаимосвязь движений в суставах ПВК.

Из рис. 2.3 можно было видеть, что абсолютные показатели подвижности в суставе (на примере пронации кисти) зависят не только от активности действий гимнаста в суставах, но также от положения руки относительно туловища. Для смежных звеньев тела фактически не существует изолированных двигательных функций: выполняя какое-либо «одно» движение спортсмен, желая того или не желая, «втягива-

ет» в этот процесс и другие двигательные функции. В частности, функция супинации – пронации руки гимнаста непосредственно связана не только с ее положением относительно туловища, но и с характером движения руки. Это явление морфологической взаимосвязи движений в суставах носит совершенно однозначный характер и может быть описано посредством строгой структурно-логической схемы, показанной на рис. 2.4 (Ю. К. Гавердовский, 1971, 1986).

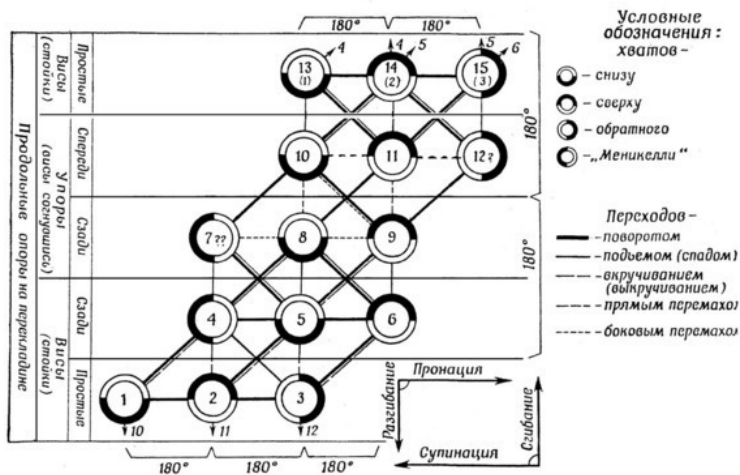


Рис. 2.4. Аксиальная связь движений в суставах плечевого пояса.

На рис. 2.4. показан фрагмент аналитического построения

ния, показывающего аксиальную (т.е. имеющую отношение к осям вращения) взаимосвязь между гимнастическими движениями на жесткой продольной опоре (перекладина, жердь брусьев разной высоты и т.п.). Смежные положения, показанные в этой схеме, можно не отпуская рук менять одно на другое путем простого движения в переднезадней плоскости. Например, из виса хватом сверху (см. в верхней части рисунка позицию 14; в нижней то же положение показано под номером 2) можно подняться в вис продольно касаясь (11), затем, с перемахом ногами перейти в вис прогнувшись или согнувшись сзади (9) и, наконец, опуститься до виса сзади хватом сверху (6). Весь описанный переход будет сопровождаться вращением тела гимнаста вокруг фронтальной плечевой оси с разгибанием плеча до возможного максимума при одновременной все большей пронации кисти и руки.

Аналогичным образом может быть выполнено и обратное движение с возвращением в простой вис хватом сверху, но уже за счет сгибания в плечевых суставах с одновременной супинацией кисти, то есть с чередованием положений 6-9-11-14 (2).

Вместе с тем существует и другой путь возвращения из виса сзади хватом сверху в вис тем же хватом: отпустив одну руку, можно повернуться вокруг продольной оси руки, супинируя кисть и «раскручивая» плечо в обратную сторону, т.е., последовательно проходя позиции (5 или 3) – 2.

Таким образом, вращения вокруг фронтальной и продольной осей морфологически взаимозаменяемы. Эта закономерность имеет глубокий смысл и большое практическое значение. С одной стороны, ею устанавливаются многие технические требования к движениям, определяющие как качество, так и саму возможность исполнения упражнения. С другой стороны, аксиальная связь движений в суставах обуславливает структуру возможных движений на опорах, в том числе форму и уровень сложности упражнений. Так, если строить гимнастическое упражнение, проходя рабочие положения на снаряде, показанные вдоль построения на рис.3.5 (например, *1-4-8-11-15*), то выясняется, что гимнаст может практически освоить каскад совершенно оригинальных упражнений⁴, в которых поворот вокруг опорной руки не имеет анатомических пределов и может продолжаться в одном направлении сколь угодно долго, так как деформация тканей руки и плеча, вызываемая поворотом вокруг продольной оси, синхронно компенсируется обратным по морфологическому смыслу движением относительно фронтальной плечевой оси. При этом движения такого типа создают шадящий режим воздействия на ОДА плечевого пояса, «берегут» мышцы, связки и суставы.

Не меньшее практическое значение имеют и сочетания движений в суставах, при которых вращения вокруг продольной и фронтальной осей вызывают форсированное натя-

⁴ См. главу 11.

жение мягких тканей. На рис. 3.4 это движения с чередованием положений, расположенных «поперек» построения (3—4, 5—7, 6—8). Упражнения, построенные на таких формах движения, могут, с одной стороны, при неосмотрительном их использовании стать причиной травм типа растяжений и т.п., но одновременно являются необходимым средством развития подвижности в суставах. Взаимосвязь и взаимозамещаемость вращений относительно разных осей суставов вообще дает возможность пользоваться более разнообразными средствами воздействия на мышцы и связки плечевого пояса при развитии подвижности в плечевых суставах. Например, важная для гимнастов подвижность в плечах при движениях типа «вкручиваний – выкручиваний», махах в висах сзади и т. п. прекрасно развивается не только посредством упражнений, выполняемых непосредственно в данных рабочих положениях (т.е. с движениями на сгибание и разгибание в плечах с прохождением рук через лицевую плоскость, с махами в висах сзади и т.д.), но и упражнениями с глубокими поворотами в висе на одной руке, когда кисть, а затем и вся рука до плеча совершает относительно туловища супинаторно-пронаторные повороты. И наоборот, супинаторно-пронаторные возможности руки можно совершенствовать, выполняя разнообразные упражнения в висах сзади.

Действия кистями на подвижной опоре (на кольцах) подчиняются принципиально тем же, но более сложным законо-

мерностям. Необходимые манипуляции кистями-кольцами зависят от направления вращения всего тела, характера движений в плечах и текущего расположения тела относительно опоры (в упоре или вися). При этом существуют определенные технические варианты, когда, например, на спаде действия кистями приостанавливается (это необходимо по соображениям, связанным с преодолением ударных, «обрывных» эффектов в вися) с тем, чтобы позднее, при подъеме необходимый разворот кистей был выполнен более активной работой.

2.2. ЭЛЕМЕНТЫ ДИНАМИКИ ОДА ГИМНАСТА

2.2.1. Геометрия масс тела гимнаста

Под этим термином подразумевается обусловленное телосложением, распределение относительных масс тела гимнаста, определяющее особенности индивидуальной техники упражнений, их трудность для данного исполнителя, требования к его специальным физическим качествам, обучению, отбору для занятий гимнастикой и другие важные элементы подготовки спортсменов.

Наиболее существенными масс-инерционными характеристиками, важными для понимания техники гимнастических упражнений, являются относительное и абсолютное положение и перемещение общего центра масс тела (ОЦМ),

а также значения момента инерции тела гимнаста при изменениях его позы на опоре и, особенно, в полете.

Относительные массы звеньев тела (в процентах от общей массы тела человека) описываются следующими примерными значениями (Д. Д. Донской):

- голова – 6,9;
- верхний отдел туловища – 15,9;
- плечи – 5,4;
- средний отдел туловища – 16,3;
- предплечья – 3,2;
- нижний отдел туловища – 11,3;
- кисти – 1,2;
- бедра – 28,4;
- голени – 8,6;
- стопы – 2,8.

Учитывая специфику гимнастических движений, можно обобщить эти данные, представляя тело гимнаста в виде системы из трех основных звеньев: руки – туловище с головой – ноги. В этом случае соотношение масс этих звеньев будет в округлении выглядеть следующим образом:

- руки – 10%,
- туловище с головой – 50%
- ноги – 40%.

Таким образом, очевидно, что массы тела человека сосредоточены в двух звеньях – туловище с головой и ноги. При этом масса ног лишь незначительно уступает массе туловища с головой. При исполнении маховых движений в висах и упорах, когда ноги, как правило (особенно при «бросках») перемещаются гораздо быстрее, чем туловище, они становятся основным энергонесущим звеном, определяющим возможность и различные технические оттенки исполнения упражнения.

Расположение центров масс звеньев достаточно характерно (рис. 2.5). Поскольку звенья тела человека имеют коническую форму, то ЦТ звена всегда несколько смещен от его середины к проксимальному суставу, располагаясь от него на расстоянии около 0,42—0,47 см от общей длины звена.

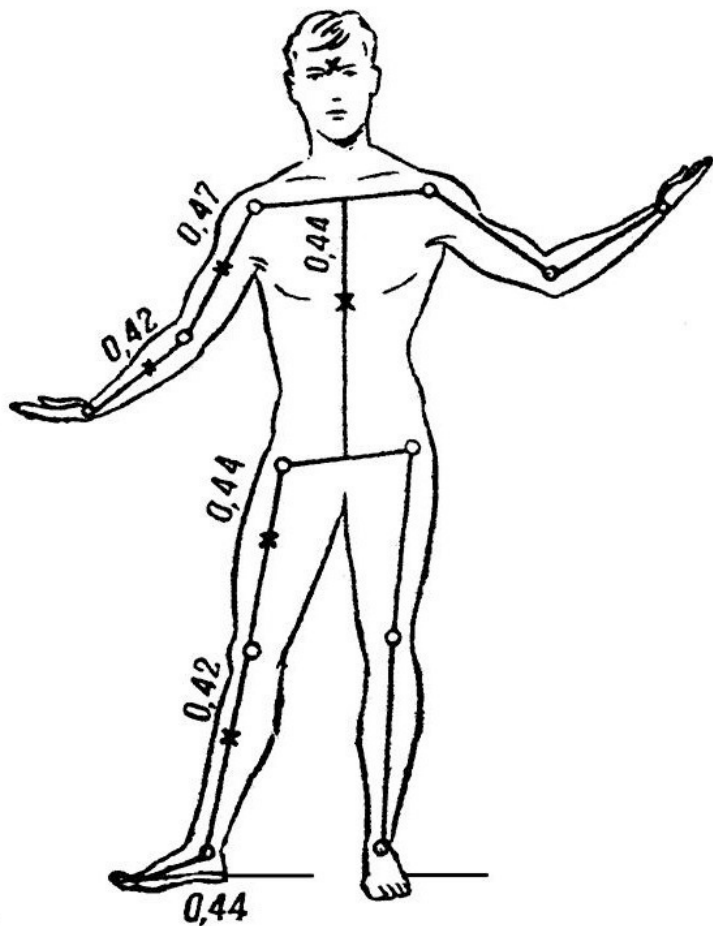


Рис. 2.5. Расположение центров масс звеньев тела человека.

Относительное и абсолютное положение ОЦТ тела.

Относительное положение ОЦТ тела спортсмена является одним из показателей взаимного расположения его звеньев, т.е. масс-геометрической характеристикой позы.

На рис. 2.6 схематически показаны позы в стойке на ногах. Нетрудно видеть, что положение ОЦТ характерным образом меняется в разных случаях, при этом точка, соответствующая ОЦТ, во многих случаях не проецируется на тело спортсмена, т. к. ОЦТ – физическая абстракция и не имеет материальной связи с самим телом человека (подобно тому, как гимнастический обруч, вращается в полете вокруг оси, проходящей через центр масс снаряда, находящийся в его геометрическом центре, т.е. – «в пустоте»).

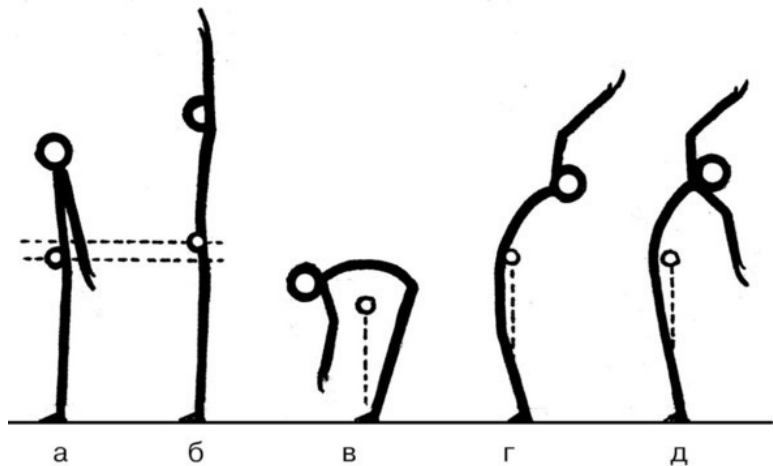


Рис. 2.6. Относительное положение ОЦТ тела человека при изменениях позы.

Абсолютное положение ОЦТ тела спортсмена является, в свою очередь, характеристикой расположения и перемещения всего тела спортсмена относительно внешних неподвижных координат. Наиболее детальное представление об этой характеристике можно получить, обратившись к описанию конкретных типов гимнастических упражнений, сопровождающихся ярко выраженным перемещением ОЦМ по некоторой пространственной траектории (см. ниже).

При анализе структуры и техники спортивных упражнений выделяются две категории, различающиеся по признаку наличия или отсутствия опоры, сопутствующей исполнению

движения в данной его фазе.

В перемещениях первой категории пространственные координаты ОЦМ определяются, прежде всего, *взаимодействием тела спортсмена с опорой* и представляют интерес как интегральная характеристика именно действий на опоре. Так, траектория ОЦМ тела гимнаста, выполняющего большой оборот на перекладине, представляет собой замкнутую кривую, по форме стремящуюся к окружности. При исполнении аналогичных упражнений на кольцах траектория ОЦМ имеет практически отвесную форму и т. д. При этом в зависимости от техники, уровня мастерства спортсмена, степени его утомления и пр. параметры этих кривых многообразно меняются, как в масштабе более или менее длительных периодов подготовки, так и оперативно, в масштабе занятия и отдельных попыток исполнения. При наличии соответствующих методов регистрации движения по этим изменениям можно тонко отслеживать индивидуальные особенности техники спортсмена, динамику освоенного им навыка и т. д. Принципиально важно при этом, что тонкое пространственное поведение ОЦМ тела спортсмена в таких движениях всегда есть функция его суставных движений, силовых изменений позы на опоре.

Вторая категория движений – это *безопорные перемещения*. В этих случаях движение ОЦМ тела спортсмена носит исключительно баллистический характер и непосредственно никак не зависит от его произвольных действий.

Вместе с тем, оперативные – от попытки к попытке, от занятия к занятию – изменения параметров параболической траектории ОЦМ в полете также могут служить важным признаком, позволяющим направлять процесс освоения и совершенствования движения. При этом важно понимать, что желаемых изменений параметров полета можно добиться только за счет скорректированных действий на опоре. Таким образом, признаки движений ОЦМ тела спортсмена, находящегося на опоре и в полете, несмотря на изложенные выше принципиальные различия, тесно связаны друг с другом, так как первые соотносятся со вторыми как причина и следствие.

Следует также помнить, что, изменяя в безопорном положении позу, гимнаст может до известной степени менять траектории центров масс звеньев тела, но при этом, как уже подчеркивалось, все это никак не может изменить траекторию движения ОЦМ тела, который всегда перемещается исключительно по конкретной параболической траектории. Параметры этой траектории заданы при переходе в полет и однозначно соответствуют векторным характеристикам начальной скорости ОЦМ, имевшейся в момент потери опоры.

Момент инерции тела гимнаста – одна из важнейших масс-инерционных характеристик, без которой невозможен анализ техники многих упражнений, связанных с вращением тела вокруг опоры и особенно в полете.

Понятие «момента инерции». Момент инерции – физическая величина, являющаяся мерой инертности материального тела при его вращательном движении вокруг оси, подобно тому, как масса тела является мерой его инертности в поступательном движении. Простейшая модель, иллюстрирующая понятие момента инерции, выглядит как вращение точечной массы вокруг некоторой оси (рис. 2.7). В этом случае момент инерции тела (J) определяется как произведение массы m тела и квадрат радиуса R :

$$J = m \cdot R^2 \quad (1)$$

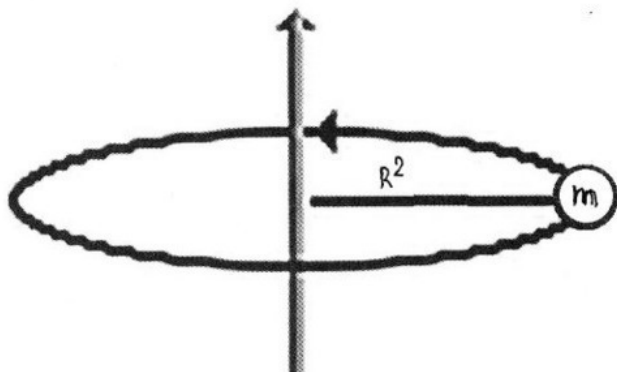


Рис. 2.7. К понятию «момент инерции».

В применении к гимнастическим движениям это означает, что, меняя позу (то есть, изменяя радиус, на котором элементы масс тела вращаются вокруг его оси) гимнаст меняет и сопротивление тела вращательному движению, что чрезвычайно важно, как способ управления движением в упражнениях такого типа.

Величина момента инерции зависит не только от изменения позы, но и от того, вокруг какой именно оси тело вращается. На рис. 2.8. (по Д. Д. Донскому) показаны несколько примеров изменения момента инерции как при изменении позы, так и при выборе разных осей вращения. Например, если момент инерции относительно продольной оси тела в стойке на ногах – руки вниз принять за единицу (*a*), то руки, поднятые в стороны, увеличивают сопротивление тела вращению (то есть, вращательную массу тела) вдвое (*b*).

При вращении вокруг фронтальной оси тела в положении группировки (*в*) момент инерции уже в 4 раза больше, чем в случае «а» и, наконец, вращение вокруг той же оси с прямым телом – руки вниз (*г*) дает момент инерции в 12 раз превышающий этот показатель в сравнении с позой (*a*).

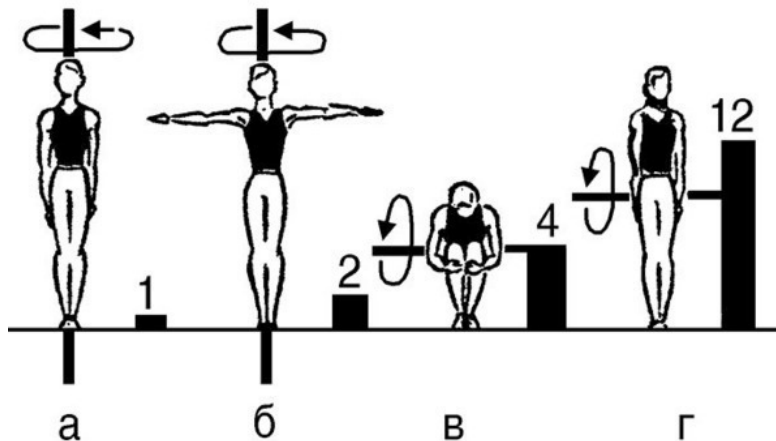


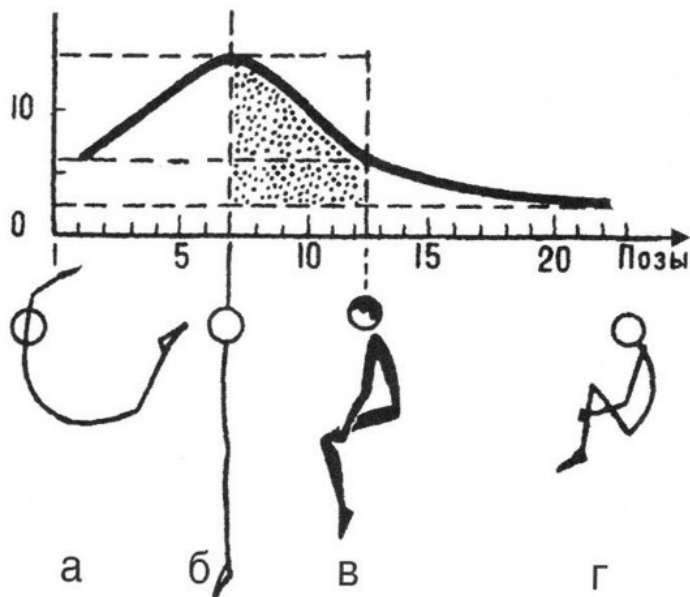
Рис. 2.8. Сравнительные значения момента инерции тела для разных поз и осей вращения.

Момент инерции относительно центральной фронтальной оси тела с вращением «по сальто» для гимнастики, акробатики и аналогичных спортивных видов особенно типичен и особенно важен характер его изменения в применении к таким вращениям.

На рис. 2.9 приводится график, иллюстрирующий изменение момента инерции относительно фронтальной оси тела гимнаста при вращении в разных позах: из предельно прогнутого положения (*а*) гимнаст постепенно и последовательно выпрямляется, оставляя руки вверху (*б*), а затем постепенно все больше группируется (*в*), достигая в итоге пре-

дельно плотной группировки (z).

Из приводимого графика⁵ можно видеть, что при переходе от предельно выпрямленного положения ($б$) к плотному группированию (z) момент инерции относительно центральной фронтальной оси тела уменьшается более, чем в 4 раза, что означает и такое же увеличение скорости вращения тела в полете.



⁵ Исследование Ю. К. Гавердовского, В. П. Спиридонова.

Рис. 2.9. Изменения момента инерции тела относительно центральной фронтальной оси тела при группировании из прямого положения.

Особо выделяется зона группирования (*б-в*), в которой величина момента инерции снижается особенно быстро, но при этом гимнаст еще сохраняет возможность вводить в движение поворот вокруг продольной оси, тогда как при более плотной группировке это уже невозможно (подробнее об этом см. в главе о безопорных движениях).

2.2.2. Рабочее положение тела спортсмена

Выполнение энергетически насыщенных гимнастических упражнений, связанных с быстрым движением, полетами и т. п. всегда требует высокого энергообеспечения. Как правило, это означает не только координированную мышечную работу, но и активное взаимодействие с внешними телами, с опорой, поскольку лишь на опоре возможно радикальное изменение энергетического состояния тела спортсмена – его ускоренное перемещение, вращение, форсированная перемена направления движения, остановка и т. д.

Правда, сложные движения могут выполняться и в безопорном положении, но прежде, чем спортсмен получит такую возможность, он все равно должен их отработать на опоре, например – выполнить отталкивание.

Понятие «рабочего положения». Положение тела, в котором должны выполняться двигательные действия, обеспечивающие решение задачи энергообеспечения движения, представляют собой его кардинальный структурный и технический компонент, который может быть назван *рабочим положением* (РП) (Ю. К. Гавердовский, 1968).

РП должно отвечать ряду условий, главные из которых:

– для опорных положений: *механически эффективная опора*, позволяющая максимально реализовать двигательный потенциал спортсмена (ее необходимая прочность, адекватные упругие свойства, достаточность размеров и удобство опорной поверхности, наличие нужного сцепления за счет трения или возможности захвата, упора и т.д.);

– достаточные мощностные *возможности опорных звеньев*, которые должны быть способны противостоят ожидаемым динамическим нагрузкам, развивающимся при взаимодействии с опорой и, одновременно, участвовать в активных энергорегулирующих действиях на опоре (отталкивания, ударные действия при возвращениях на опору и др.);

– достаточные кинематические и динамические возможности периферических, «маховых» звеньев, которые могли бы решать задачи исполнения координированных и, одновременно, энергонасыщенных движений (типа «бросковых» действий при переходах в полет, отталкиваниях и др.);

– *устойчивость РП в силовом поле*. В решающих фазах

упражнения спортсмен должен действовать в положении, сохранение которого физически удобно и не отвлекает на себя значительных двигательных ресурсов, позволяя одновременно концентрировать основные усилия и управляющие воздействия на выполнении программного движения.

В движениях естественного типа, таких как бег, прыжки, описанным условиям в полной мере отвечает РП, предусмотренное самой природой, а именно – *стойка на ногах*, представляющая собой открытую кинематическую цепь. Мышечный аппарат нижних конечностей способен развивать мощные усилия при отталкиваниях, приземлениях и т. п. действиях; он идеально приспособлен для сохранения устойчивости, балансирования, а периферические звенья этой цепи – верхний отдел туловища, руки могут выполнять действия самые разнообразные по скорости, мощности и точности.

Вместе с тем, как уже было показано, в гимнастике, культивирующей искусственные формы движения, РП не только очень разнообразны, но и в большинстве случаев носят «противоестественный» характер, определяя тем самым целый ряд проблем построения техники, обучения и специальной физической подготовки гимнастов и гимнасток. На рис. 2.10 показаны разнообразные РП на опоре, а также некоторые безопорные положения, не являющиеся РП, но ярко отражающие двигательную специфику спортивной гимнастики.

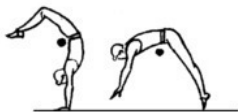
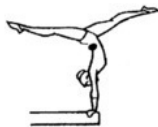
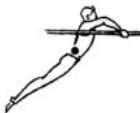
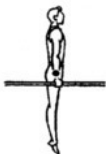
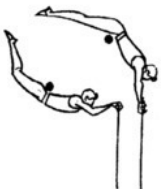
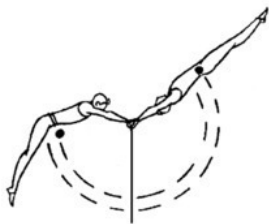


Рис. 2.10. Рабочие положения в гимнастике.

Рабочее положение в силовом поле. Рассмотрим на примерах из спортивной гимнастики некоторые важные динамические свойства опорных РП.

На рис. 2.11. изображен гимнастический вис, на примере которого показано процентное распределение относительных нагрузок, приходящихся на разные звенья кинематической цепи (с учетом как веса тела, так и инерционных нагрузок, зависящих от движения). Видно, что наибольшая мера этих нагрузок падает на приопорные звенья, в данном случае – предплечье и кисти. Если учесть, что при быстрых вращениях на опоре (например, разгонных больших оборотах) максимальные нагрузки в несколько раз превышают вес тела гимнаста, можно понять насколько существенны требования к надежности и безопасности исполнения таких упражнений, включая специальные силовые качества, особенности техники махов, хвата, использования накладок, магнетики и др.

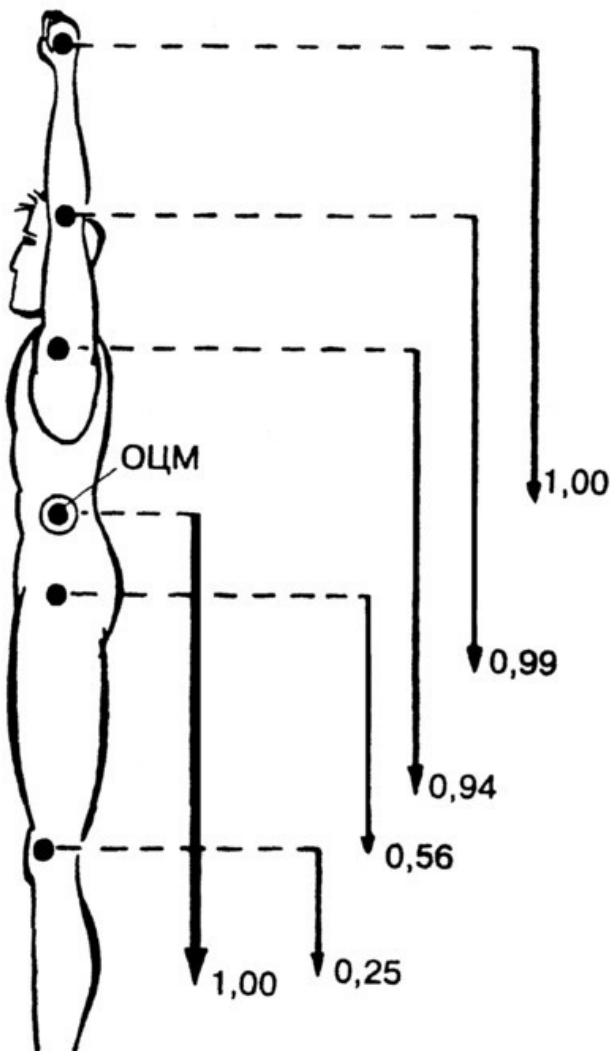


Рис. 2.11. Распределение нагрузок в висячем положении в зависимости от удаления звеньев от опоры.

Вместе с тем, чем дальше звенья расположены от опоры и чем массивнее связь, соединяющая их с опорой, тем меньше нагрузки, действующие на эти звенья. Наиболее характерна при этом «разгрузка» самых мобильных, «маховых» звеньев (для РП типа вися – это голени, бедра), которые не только обладают максимальным количеством степеней свободы, но и обладают наивысшей окружной скоростью движения, т.е. являются наиболее энергонасыщенными.

Так, при выполнении маховых гимнастических движений в висячем положении на перекладине и в подобных ему положениях, быстро движущиеся ноги спортсмена, особенно при т.н. «бросках», имеют запас кинетической энергии в несколько раз больший, чем такое массивное звено, как туловище. Это подчеркивает чрезвычайно важную роль правильного освоения действий именно периферическими звеньями. Хотя тут совершенно ясно, что эффективность движения в целом определяется верным исполнением всех его элементов, включая действия всей кинематической цепи – от первого опорного до последнего периферического звена.

Устойчивость рабочего положения. РП – важнейший структурообразующий компонент гимнастического упражнения. Чтобы выполнить свою функцию энергообеспечения

движения и управления им, РП должно быть устойчивым в динамично меняющемся силовом поле.

В спортивной гимнастике к естественным РП (при перемещениях, прыжках на ногах и т.п.) добавляются многочисленные РП, носящие выражено аномальный, а подчас «эксцентрический» характер. Это висы, упоры и стойки с прямым и согнутым телом, висы и упоры сзади (в том числе с «выворотным» положением в плечевых и лучезапястных суставах), упоры обеими и одной кистями, предплечьем, плечом, тазом, совместно головой и руками, только головой, шей и т. д. (см. рис. 2.10)⁶. Тем не менее, эти РП также должны в достаточной степени отвечать приведенным выше требованиям.

На рис. 2.12 показан пример с положениями типа вися согнувшись на перекладине. Здесь, как в статике, так и при вращениях вокруг опоры, устойчивыми остаются только такие РП, в которых суммарный момент внешних сил, действующих относительно плечевой оси гимнаста, равен нулю или достаточно мал, чтобы без труда компенсироваться силой разгибателей плеча (*a*). При увеличении оттягивающих воздействий, возникающих при вращении за счет центробежной силы инерции, возникающая в таких РП суммарная сила *F* лишь дополнительно «складывает» тело гимнаста, не нарушая устойчивости положения (*b*). Поэтому устойчивое положение в вися согнувшись достигается только при опреде-

⁶ Цирковые гимнасты идут еще дальше, выполняя трюки.

ленном сгибании тела, позволяющем установить ОЦМ тела на линии, соединяющей гриф снаряда и плечевую ось (*а, б*). Если же гимнаст опускает таз (*в*) или просто выпрямляется (*г*), направление вектора суммарных внешних сил существенно меняется, и гимнаста срывает в вис, т.е. устремляется в физически более устойчивое РП (*в, г*).

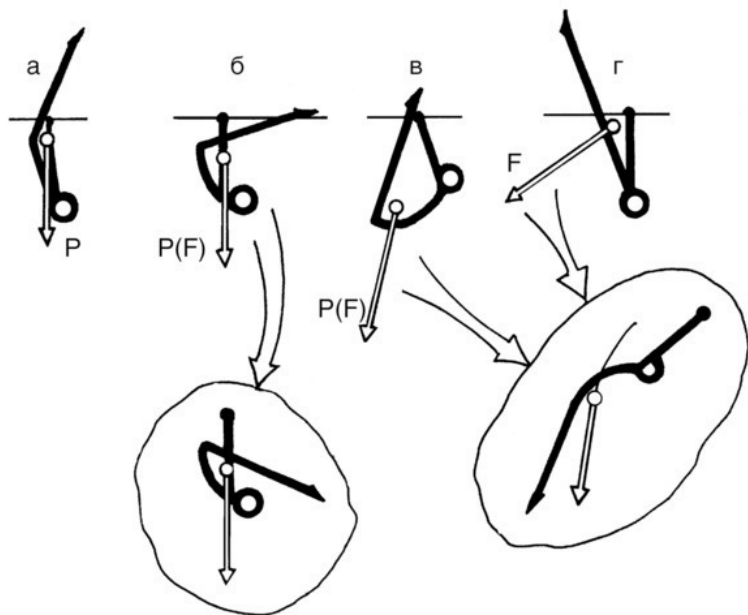


Рис. 2.12. Устойчивость РП (на примере вися согнувшись).

2.2.3. Динамические взаимодействия в кинематической цепи

Техника гимнастических упражнений в значительной мере определяется характером взаимодействия звеньев в кинематической цепи тела гимнаста.

Взаимодействия в кинематических парах. На рис. 2.13 показаны примеры движений в кинематической паре, которую в данном случае составляют звенья всего тела, расположенные по разные стороны от тазобедренной оси. В случае «а» показано, как выглядели бы движения со сгибанием-разгибанием тела в полете без начального вращения всего тела спортсмена, например, в полете во время «кача» на батуте. В данном случае звенья пары будут вращаться в противоположных направлениях навстречу друг другу, имея при этом одинаковые по величине, но разнонаправленные кинетические моменты, в сумме равные нулю.

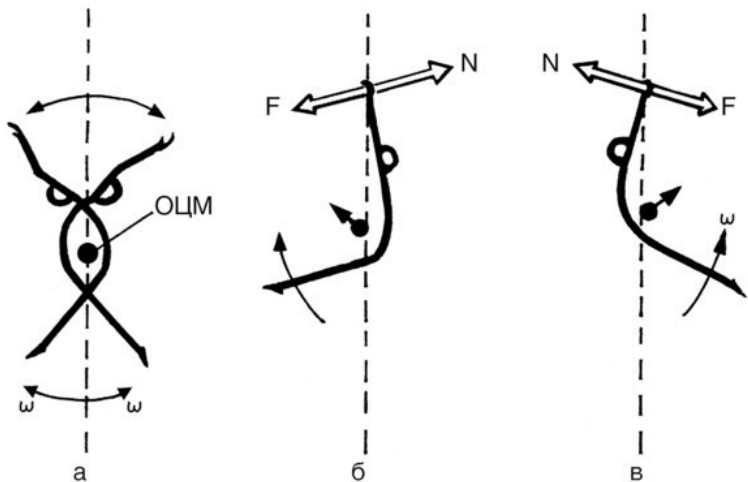


Рис. 2.13. Модель взаимодействия звеньев тела в кинематической паре.

Поскольку изменения позы в полете выполняются исключительно за счет внутренних сил, то это ни при каких обстоятельствах не повлияет на общее состояние системы, которая попросту «не будет замечать» действий гимнаста в полете, что бы он ни предпринимал. В конкретном примере это означает, что не изменятся ни траектория ОЦТ тела, ни его движение, лишенное вращения в целом. Если же аналогичные движения будут выполняться с использованием активного давления на опору F и соответствующей опорной реакции N (когда гимнаст держится, например, за гриф перекла-

дины б, в), то ситуация принципиально меняется: ОЦТ будет несколько смещаться как бы вслед за движением наиболее подвижных и массивных звеньев, а тело может получить вращение со скоростью ω в направлении махового движения ногами, что принципиально важно для исполнения многих упражнений⁷.

Неотъемлемый элемент динамики взаимодействия звеньев КП – их реактивный характер, показанный уже на предыдущих примерах, особенно на примере в позиции (а). При анализе движения и его построении в процессе обучения важно помнить, что никаких изолированных движений, исполняемых «только одним» звеном КП, не существует в принципе. Любое изменение состояния движения или покоя, вызванное внешними или внутренними силами, приложенными к «отдельному» звену, так или иначе, вызывает реактивное «эхо», действующее на смежное звено пары и дальше по всей цепи настолько, насколько это возможно при связях, наложенных на суставы.

На рис. 2.14 изображена характерная картина реактивного взаимодействия звеньев при исполнении подъема с разгибом на брусьях с выходом в положение упора: во время подготовительного сгибания (к.к. 1—2) ноги гимнаста ускоренно вращаются назад, тогда как туловище, опускаясь тазом, проявляет тенденцию к вращению вперед. В следующей

⁷ Ср., например, это движение с действиями т.н. «курбета», т.е. отталкивания, дающего вращение тела в направлении «броска» ногами.

фазе, во время высокого «броска» ногами вперед, туловище имеет тенденцию к вращению в обратном направлении – назад (к.к. 2—3). Наконец, вновь следует резкое переключение в работе мышц с переходом к сгибанию в тазобедренных суставах. Последнее движение вызывает здесь не только «притормаживание» ног, но и их частичный возврат с вращением назад, во время которого туловище ускоренно вращается вперед, сближаясь с ногами и позволяя тем самым гимнасту подняться в упор высоким углом и завершить подъем (к.к. 3—4).

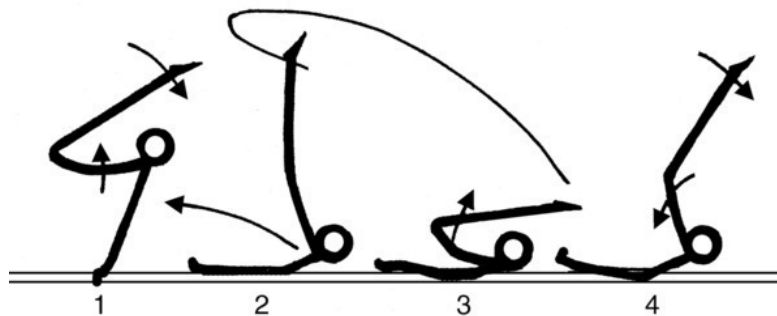


Рис. 2.14. Подъем разгибом на брусьях как пример активного взаимодействия звеньев тела гимнаста.

Циклические взаимодействия звеньев в кинематических парах также играют в технике гимнастических упражнений важную роль, так как при этом проявляются свойства двига-

тельного аппарата спортсмена как колебательной системы.

Вернемся к рис. 2.13, на котором (*фиг. б-в*) показаны т.н. размахивания изгибами в висе. Гимнаст может, циклически повторяя сгибания и разгибания тела, постепенно увеличивать амплитуду и общую энергию этих движений. Это возможно в том случае, если импульсные усилия, прилагаемые гимнастом для наращивания размаха, будут согласованы с направлением и периодичностью естественных колебательных движений тела. Иначе говоря, если гимнаст будет действовать в резонансном режиме, при котором мышечные усилия, «разгоняющие» колебательные движения, будут точно совпадать по направлению и фазе с вращением звеньев тела. Если это условие соблюдается, то двигательный аппарат спортсмена может, от одного колебательного цикла к другому, наращивать энергию движения, действуя в наиболее рациональном режиме. При этом двигательный аппарат «стремится» действовать изохронно, т.е. «навязывает» спортсмену определенный темпоритм повторения колебаний, при котором они выполняются наиболее естественно, удобно, экономично, и оказываются более всего доступными в исполнении, в том числе при обучении. Последнее наиболее ярко проявляется в технике т.н. «бросковых» махов, мощность и точная направленность которых обеспечивается лавинообразно нарастающими колебательными действиями в КЦ.

Взаимодействия в кинематических цепях. Взаимодей-

ствия в кинематических цепях соответственно сложнее и разнообразнее, чем в одной КП. Будучи мобильно связанными друг с другом, звенья цепи постоянно взаимодействуют, подчиняясь не только внешним силам и управляющим воздействиям, исходящим от мышечного аппарата гимнаста, но проявляя и собственные свойства, обусловленные инертностью звеньев и их динамической реактивностью. Наиболее интересно и важно в этом отношении явление т.н. бегущей поперечной волны, известное каждому, кто видел, как гимнастка «художница» приводит в непрерывное колебательное движение свою ленту. Физически это явление представляет собой смещение по цепи механического импульса, возбужденного внешним воздействием или внутренними силами, и передающегося затем от одного подвижного звена или элемента массы к другому благодаря их реактивному взаимодействию.

На рис. 2.15 эффект волны схематически показан на пластичной модели (I), модели жесткого трехзвенника (II) и на примере реального гимнастического упражнения – соскока махом вперед с перекладины (III).

Не трудно видеть, что структура движения инспирируется именно волнообразным реактивным взаимодействием в КЦ, которое возникает после первичного импульса, а затем распространяется по цепи в виде вторичного импульса, имеющего реактивную природу. Реальная техническая форма спортивных движений формируется, однако, «на стыке»

естественных механизмов, не зависящих от воли исполнителя, и произвольных факторов движения, связанных с мышечной работой. Спортсмен имеет возможность пользоваться природными свойствами КЦ в той или иной степени – либо освобождая цепь для свободного реактивного взаимодействия ее звеньев, либо, напротив, противопоставляя ему активные мышечные усилия.

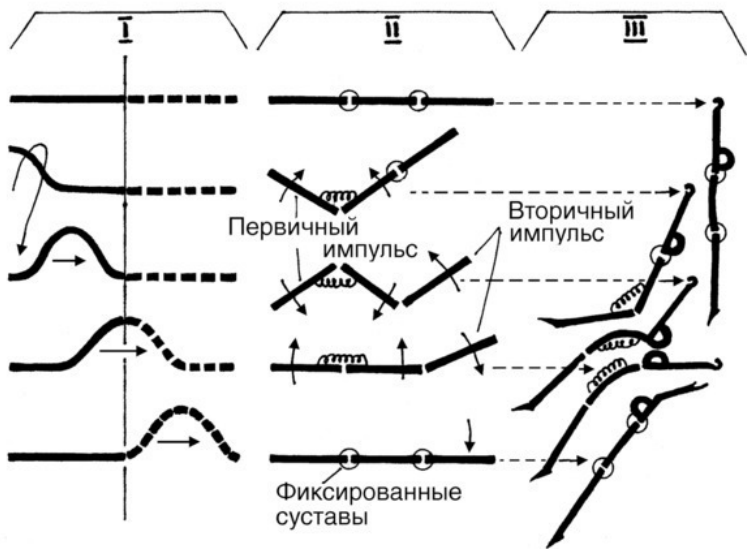


Рис. 2.15. Эффект волнообразной передачи механического импульса по кинематической цепи.

2.2.4. Телосложение гимнаста

Телосложение гимнаста – это интегральная масс-геометрическая характеристика строения его тела. Индивидуальные антропометрические показатели людей существенно различаются. Разнятся не только абсолютные, весоростовые индивидуальные показатели, но и, при прочих равных условиях, соотношения парциальных показателей, определяющих особенности телосложения, конституции человека.

Помимо половых различий, пропорции тела (включая соотношения линейных, окружных и весовых показателей звеньев) сильно изменяются с возрастом, различаясь в зависимости от двигательного режима, направленности физической тренировки, а главное, изначально разнятся в соответствии с наследственными, генетическими причинами. Все подобные различия становятся на разных этапах подготовки спортсмена существенными факторами подготовки в гимнастике.

Фактор телосложения при ориентации и отборе.

Спортивная гимнастика представляет собой род искусства, основанного на управлении своим телом. Уровень развития двигательных качеств гимнаста, его спортивное мастерство можно оценить лишь постольку, поскольку он может оперировать собственными движениями. Поэтому для гимнаста важны не абсолютные, а относительные показатели проявления двигательных качеств, особенно таких, как сила и свя-

занные с нею скоростно-силовые характеристики. При этом известно, что названные показатели всегда, при прочих равных условиях, выше у людей с относительно малым ростом и весом тела. По этой причине понятно, что, например, массивный юноша с ростом более 180 см и генетически предрасположенный к дальнейшему физическому росту, даже при хороших координационных способностях, к серьезным занятиям спортивной гимнастикой мало пригоден. И, напротив, невысокий (родители – не выше 162—165 см), пропорционально сложенный мальчик (не имеющий никаких перспектив стать хорошим прыгуном в высоту или баскетболистом) может быть рекомендован для занятий прыжками с шестом, гимнастикой или прыжковой акробатикой. Более детально морфологические требования к отбору для занятий гимнастикой изложены в гл. 20.

Телосложение и техника гимнастических упражнений. Представления о наилучшем «гимнастическом» типе телосложения относительно. Гимнаст может в полной мере отвечать общим требованиям этого рода (прежде всего абсолютным – рост, вес), но это вовсе не означает, что его конституция одинаково хорошо подходит для выполнения любых гимнастических упражнений. Спортивная гимнастика – многоборный вид, и биомеханические предпочтения в части требований к телосложению гимнаста в отношении разных видов многоборья существенно различаются. Хорошо

известно, что спортсмены-многоборцы всегда имеют свои «коронные» специальности, за счет которых, прежде всего, стремятся поднять общий результат. В значительной мере это связано именно с морфотипом гимнаста или гимнастки.

Так, спортсмены долихоморфного типа, т.е. относительно высокие, узкоплечие (с массами тела, «растянутыми» по продольной оси тела), лучше других осваивают различные маховые, «бросковые» движения, махи ногами на коне, а также упражнения с виртуозными поворотами вокруг продольной оси. Последнее парадоксальным образом относится также к гимнасткам, которые, благодаря менее выраженной торакальности телосложения и меньшей массивности плечевого пояса, успешно (в отдельных случаях даже лучше мужчин) осваивают сложные многоосные вращения.

В свою очередь, гимнасты брахиморфного типа (небольшой рост, широкие плечи и грудная клетка, относительно короткие ноги) испытывают затруднения с освоением махов ногами на коне⁸, но могут иметь преимущество в освоении мощностных, импульсных движений (акробатические и опорные прыжки, и т.п.).

Особенно показательны случаи, когда успех или отставание в отдельных видах многоборья связаны с парциальными морфометрическими показателями, пропорциями тела. Так,

⁸ Известный исторический факт: в свое время японские, корейские гимнасты долгое время имели проблемы в исполнении махов на коне, пока, наконец, не освоили иную технику, основанную на широкой работе «от плеча» при более выпрямленном теле.

гимнасты с относительно длинными руками (с коротким туловищем) и длинными легкими ногами лучше других приспособлены для исполнения махов на коне. Но для силовых и маховых упражнений на кольцах, напротив, выгоднее относительно короткие руки.

Наконец, гимнасты, принадлежащие к промежуточному, мезоморфному типу, реже имеют выраженные предпочтения в отдельных видах и, при надлежащих остальных качествах, скорее добиваются успеха именно в многоборье, не выделяясь в отдельных дисциплинах.

Таким образом, строго говоря, идеального многоборного телосложения не существует. Гимнаст, гимнастка с усредненными, сбалансированными признаками телосложения могут быть хорошими многоборцами, но одновременно это означает, что яркие достижения в отдельных дисциплинах им, скорее всего, менее доступны. И, напротив, спортсмены со специфическим телосложением могут не быть сильными многоборцами, но показывают отличные результаты в отдельных видах. Именно такие «специалисты» наиболее активно содействуют развитию сложности гимнастических упражнений и совершенствованию их техники⁹. В этом отношении соревнования в отдельных видах гимнастического многоборья, в том числе на самом высоком, олимпийском

⁹ Характерная аналогия – развитие сложности и трудности акробатических упражнений на дорожке благодаря акробатам-прыгунам, которые специализируются в этом и только этом виде движений.

уровне, наиболее прямой путь к прогрессированию гимнастики как вида спорта в целом.

Индивидуальная техника гимнаста. Техника гимнастических упражнений в тонких своих элементах всегда индивидуальна и отражает все действующие в конкретном случае особенности моторики спортсмена, включая те, что обусловлены его телосложением. По этой причине любые технические эталоны могут быть эффективны только в границах определенной типологии, определяющей совокупность связанных признаков, характерных для моторики спортсменов, обладающих близкой квалификацией и сходными двигательными, антропометрическими, психомоторными качествами. Так, экспериментально показано, что для разучивания целостной комбинации на коне (как соединения ранее уже освоенных элементов) может быть использована ритмограмма, отображающая готовое исполнение данной комбинации другим гимнастом. Но при этом обязательным условием является достаточное сходство масс-геометрических показателей обоих гимнастов (в случае с махами на коне этот показатель может быть оценен по длительности стандартных круговых махов, измеряемой, например, в серии из 10 кругов в ручках).

Как отмечалось, специфика телосложения гимнаста, гимнастики, накладывает отпечаток на их техническое совершенствование и возможности. Конституционные особенности

спортсмена влияют на манеру, стиль, конкретные технические признаки исполнения упражнения. Рослые спортсмены, как правило, отличаются «спокойной» манерой работы, их движения выглядят более размашистыми, «амплитудными», вылеты при соскоках, прыжках в их исполнении иногда воспринимаются как более высокие¹⁰. Низкорослым гимнастам обычно свойствен более высокий темп, динамизм исполнения, особенно циклических движений (махов, оборотов, кругов, прыжковых серий).

Особенности телосложения, мышечного рельефа и связанных с этим двигательных качеств влияют также на выбор технических способов исполнения упражнения. Так, для гимнастов с брахиморфным типом телосложения характерна более выраженная силовая манера движений при махах на кольцах, перекладине, тогда как рослые спортсмены, особенно испытывающие затруднения с исполнением мощностных действий, иногда вынуждены использовать технические способы исполнения, более основанные на использовании потенциальных возможностей подвижности в суставах, нежели на силе.

Так, подъем вперед на перекладине, завершаемый выходом в стойку обратным хватом (рис. 3.7), может выполняться как с синхронной (*а*), так и последовательной (*б*) рабо-

¹⁰ Например, при соскоке или прыжке сальто выпрямившись с вылетом на одну и ту же высоту (измеряемую по траектории ОЦМ) стопы рослого гимнаста, проходящего положение вниз головой, будут располагаться выше, чем у малорослого гимнаста.

той в суставах. В первом случае координация движений проще, но требует более выраженных силовых действий. Во втором, напротив, координация движений сложнее, но требования к силовым качествам ниже.

Глава 3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ГИМНАСТА

3.1. ДВИГАТЕЛЬНЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Физическая первопричина двигательного действия человека – мышечная работа, которая подчиняется целому ряду закономерностей, связанных с работой центрально-нервных механизмов и периферических отделов двигательного аппарата. Понимание всех этих эффектов важно для анализа, совершенствования техники спортивного движения и, главное, для верного построения процесса обучения упражнению. Ключевыми здесь являются закономерности, обуславливающие системную работу всего нервно-мышечного аппарата. В первую очередь, это эффекты, связанные с двигательными рефлексами спинного мозга и коры больших полушарий и, фактически, вытекающие из этого особенности работы мышц, а также особенности управления работой двигательного аппарата, включая его центральный и периферический механизмы.

3.1.1. Безусловные рефлексy

К наиболее простым безусловным двигательным рефлексам спинного мозга относятся рефлексy на растяжение, кожные сгибательные рефлексy удаления от раздражителя, рефлексy отталкивания и др. Спинной мозг обуславливает также взаимодействие центров мышц-антагонистов (реципрокную иннервацию, см.), а при локомоциях – более сложные разгибательные и шагательные рефлексy.

Безусловные рефлексy закладываются, как известно, в виде наследственного фонда к моменту рождения человека и животных. Некоторые из них, связанные с положением тела в пространстве, функцией ОДА и др., завершают свое формирование с возрастом, по мере морфологического созревания нервной системы. Эти рефлексy могут осуществляться без участия коры и отличаются высокой стабильностью проявлений. Для физической тренировки, обучения в спорте, наиболее важное значение имеют рефлексy, связанные с работой мышечного аппарата.

Рассмотрим прежде всего ряд безусловных рефлексов, наиболее характерных и важных для практики спорта.

Реципрокное взаимодействие мышц. Это одно из характерных проявлений рефлекторной организации двигательных действий человека и животных, выражающееся в согласовании работы мышц агонистов и антагонистов. Для того, чтобы, например, мышцы-сгибатели (разгибатели) могли

достаточно свободно действовать, противопоставленные им мышцы-разгибатели (сгибатели) должны в необходимой степени расслабляться, уступать. Существует закономерность, согласно которой в мотонейронах мышц, активно вступающих в работу, возникает процесс возбуждения, а в мотонейронах их антагонистов – процесс торможения. Такие координационные отношения получили наименование взаимно сочетанной или реципрокной иннервации.

Вместе с тем, при освоении достаточно сложных двигательных действий, навыков, реципрокная иннервация может отступать на второй план, если структура двигательного действия требует иного соотношения напряжений-расслаблений мышечного аппарата. Так, при фиксации определенных положений в пространстве, опорных поз, необходимо одновременное напряжение мышц-агонистов и их антагонистов. Еще более сложной является картина одновременного и последовательного соотношения во времени напряжений-расслаблений мышечного аппарата при сложно координированных движениях. Таким образом, в процессе овладения движением, при совершенствовании упражнения, спортсмен должен научиться рационально распоряжаться «готовыми», безусловными координационными механизмами и, вместе с тем, формировать необходимые новые координации, даже если для этого необходимо подавлять естественные двигательные действия.

Ритмические рефлексy – это составная часть различных сложных двигательных действий, как произвольных, так и произвольных. Их механизм тесно связан с реципрокной иннервацией мышц. Особенно характерны в этом смысле циклические движения, начиная от двигательных форм типа «чесательного рефлекса» у животных и заканчивая более сложными двигательными действиями. В частности, это «шагательный рефлекс», лежащий в основе соответствующих локомоций.

Одно из наиболее характерных явлений, связанных с ритмическими рефлексами – «усвоение ритма» двигательных действий, играющее важную роль при формировании двигательных навыков и исполнении множества упражнений, преимущественно циклического характера.

Для физической тренировки явление усвоения ритма чрезвычайно важно. Ритмо-темповая организация движений позволяет быстрее и надежнее формировать двигательные навыки, целостную структуру движения, контролировать силовые акценты действий, интенсивность исполнения упражнения и др.

Отметим в этой связи, что принятое в физиологии понятие «усвоения ритма» нуждается, по нашему мнению, в уточнении. Следовало бы различать две категории «усвоения ритма». Одна из них, традиционная, предполагает, в сущности, простую метрическую организацию движений, повторяющихся через разные интервалы времени в виде фиксиро-

ванных координационных форм или акцентов. Таково «ритмическое» построение, прежде всего, циклических движений типа ходьбы, бега, упражнений общеразвивающего характера, реверсивных движений на тренажерах и т.п., когда одни и те же элементы двигательной структуры повторяются через равные промежутки времени в разных циклах движения. Кавычки в слове «ритмическое» нами поставлены потому, что, в данном случае мы имеем дело с усвоением не ритма, а акцентно-темповой структуры движения, «метронома».

Другая категория связана с собственно ритмом, т.е. со сложной, как правило неравномерной, структурой соотношений двигательных акцентов в рамках отдельного упражнения, взятого в его ациклической форме. В этом понимании, ритм является важнейшей характеристикой целостной структуры всего спортивного движения, усвоение которой является главной задачей обучения ДД. Многочисленные исследования показывают, что построение именно ритмической структуры движения – одна из важнейших задач обучения в спорте.

Рефлекс на растяжение (миотатический рефлекс) проявляется в форме возбуждения мышцы в ответ на ее растяжение. Простейший пример проявления миотатического рефлекса, известный каждому – разгибание голени при ударе неврологического молоточка по сухожилию четырехглавой

мышцы бедра («коленный рефлекс»). Это не что иное, как реакция сокращения на быстрое растяжение мышцы. Биологический смысл миотатического рефлекса заключается в активном противодействии мышцы ее растяжению и, в частности, угрозе разрыва.

Главное, однако, в том, что рефлекс на растяжение играет чрезвычайно важную роль при выполнении множества произвольных, в том числе спортивных движений, начиная с ходьбы, бега и т. п. Особенно важное значение этот рефлекс имеет при исполнении действий, требующих проявления значительных и быстрых – мощных мышечных усилий, столь характерных для спорта. Это объясняется тем, что именно натянутая мышца развивает, при прочих равных условиях, наибольшее усилие (см. ниже).

Вместе с тем, в двигательной деятельности миотатический рефлекс важно не только уметь использовать для активизации мышц, но и, при необходимости, ограничивать его действие. Так, при выполнении упражнений на гибкость важно уметь подавлять этот рефлекс, так как растяжение напряженной мышцы эффективно как средство повышения усилия, которое она развивает, но труднодоступно при работе на гибкость.

Эффекты, обусловленные миотатическим рефлексом, существенны не только сами по себе. Ими обуславливаются, по существу, такие важнейшие закономерности работы мышц, как взаимосвязь «длина-напряжение», «скорость-си-

ла», а также различные режимы работы мышечного аппарата. Таким образом, эти эффекты – краеугольный камень всей спортивной техники и связанных с ней приемов обучения спортивным упражнениям.

Установочные рефлексy. Под этой категорией традиционно принято подразумевать физиологические эффекты, связанные с механизмами сохранения позы, хотя в действительности в их число входят рефлексy, играющие чрезвычайно важную роль в осуществлении сложно координированных двигательных действий.

Принято выделять категории статических (лабиринтный, выпрямительный, шейно-тонический) и статокинетических рефлексов.

Статические рефлексy возникают при изменении позы или положения тела в пространстве.

Лабиринтный рефлекс – это реакция на движение головы в пространстве. Он возникает в результате раздражения рецепторов вестибулярного аппарата и выражается в изменении тонуса при определенных ускорениях, действующих на голову. Так, при ускоренном движении головы назад повышается тонус мышц-разгибателей спины, при аналогичном движении вперед – тонус мышц грудной поверхности туловища, сгибателей. Это явление может оказывать определенное воздействие на результат действий, сопровождающих исполнение быстрых вращений вокруг фронтальной

оси, бросков «через спину» в борьбе и др.

Выпрямительный рефлекс выглядит как последовательное сокращение мышц шеи и туловища, благодаря которому может быть восстановлено вертикальное положение тела («теменем вверх»), например, при отклонениях от вертикали при стоянии и, таким образом, является составным элементом механизма балансирования.

Шейно-тонический рефлекс, как и миотатический, играет чрезвычайно важную роль в организации движений человека, особенно связанных с изменением позы, и требует отдельного комментария (см. ниже).

Статокинетические рефлексy позволяют компенсаторно реагировать на ускорения тела при линейном и вращательном движениях. Например, при быстром подъеме усиливается тонус сгибателей, и человек приседает, а при быстром спуске – выпрямляется («лифтный рефлекс»). В спорте эти эффекты определенным образом отражаются, например, на беговых движениях, прыжках, приземлениях и др.

При вращении тела наблюдаются также реакции противовращения головы, т.е. ее отклонение в сторону, противоположную направлению вращения. Аналогичным образом происходит вращение глазных яблок, которые поворачиваются со скоростью вращения тела, но в противоположную сторону, с последующим быстрым их возвращением в исходное положение («нистагм»), как бы компенсируя этим вра-

щение тела и давая возможность более четкой ориентации в пространстве. Этот момент весьма важен как элемент техники исполнения разного рода «поворотов» вокруг продольной оси в спорте.

Отметим, что контроль движения зрением с использованием эффекта нистагма помогает управлению только относительно медленных вращений (например, повороты в художественной гимнастике или балете). Но при освоении и исполнении целого ряда более сложных и быстрых вращательных движений естественный нистагм глаз (и связанные с этим действия головой) не всегда является союзником исполнителя. Нередко, во время быстрого вращения, попытка фиксировать зрением внешние объекты приводит к дискоординации действий. В частности, в спортивной гимнастике, акробатике, прыжках в воду, фигурном катании на коньках и т. п. видах спорта быстрые вращения чаще всего исполняются при фактически выключенном центральном зрении, когда оно «расфокусировано», и эффект нистагма практически не «срабатывает». Более важную роль при этом может играть не центральное, а периферическое зрение. В некоторых случаях даже исполнение упражнений с закрытыми глазами более эффективно, чем попытка контролировать движение зрением, дающим мощный поток избыточной информации, которая не может перерабатываться в масштабе реального времени и становится сильным сбивающим фактором.

Важно отметить, что в двигательной деятельности человека все установочные рефлексы могут произвольно контролироваться, т.е. по необходимости подавляться, хотя главная цель в данном случае – максимально использовать их для рационального построения действий и движений.

3.1.2. Шейно-тонический рефлекс (ШТР)

ШТР – это один из установочных рефлексов, играющий особенно важную роль в регуляции произвольных движений в спорте. Внешне он проявляется в форме зависимости тонуса и силовых показателей мышц плечевого пояса и туловища (в меньшей степени мышц тазового пояса) от установки головы, при которой наклон головы в одну или другую стороны в сагиттальной, фронтальной или промежуточных плоскостях стимулирует одноименные группы мышц, повышая их тонус или даже вызывая соответствующие произвольные движения.

Согласно принятой в общей биологии точке зрения, прежде всего установившейся благодаря трудам школы Р. Магнуса [...], ШТР, будучи безусловным рефлексом, в явной форме проявляется лишь у животных и младенцев, а у взрослых индивидов – только при определенных патологиях. Что касается человеческой нормы, то, согласно традиционной концепции, ШТР у взрослого человека, якобы, не проявляется, так как характерные для него эффекты легко поддаются произвольному подавлению.

Однако, как показывает широчайший многолетний опыт работы со спортсменами, подтвержденный специальными исследованиями (Е. П. Кесарев, 1958, Ю. К. Резников, 1960, Ю. К. Гавердовский, 1970, 1979, 1999, Н. П. Моисеев, 1975, 1977, 1981), ШТР, определяя силовые проявления ряда ключевых мышечных групп, в значительной, а часто в решающей степени обуславливает координацию произвольных движений и процесс овладения двигательными навыками. Это стимулирует или ограничивает определенные формы движений, изменяя тонус синергистов и антагонистов, их абсолютные силовые возможности, а в отдельных случаях и прямо вызывает произвольное изменение позы тела. Чтобы убедиться в этом, достаточно попытаться выполнить, например, такое доступное гимнастическое движение, как «волна» (рис. 3.1).

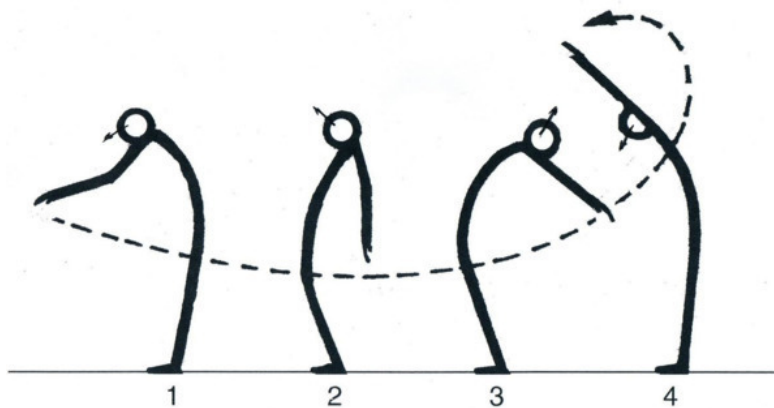


Рис. 3.1. Движение «Волна».

Начиная его из «закрытого» (т.е. согнутого) положения с опущенной на грудь головой и приподнятыми руками (к. 1), гимнаст прогибается, поднимая голову, и производит круг руками вниз-назад, т.е. выполняет разгибание шеи, туловища и плеч (к.к. 1—3). При завершении движения происходит постепенное переключение от разгибания к сгибанию: голова наклоняется вперед, а тело выпрямляется (при тонически уже нейтральном движении рук через стороны, к.к. 3—4). Такая координация ощущается, и выглядит совершенно естественной, «ненавязчивой» и требует мини-

мального контроля при освоении. Однако, достаточно изменить только движение головой (например, на противоположное по направлению), и это «простое» движение полностью дискоординируется, и требуется напряженный сознательный контроль двигательных действий, чтобы перейти к какой-то иной упорядоченной координации.

Еще сильнее перераспределение мышечного тонуса, вызванное эффектом ШТР, сказывается при выполнении опорных движений, в невесомости. В этих случаях любое бесконтрольное изменение установки головы (например, в связи с потребностями визуальной ориентации) чревато произвольным изменением позы в полете.

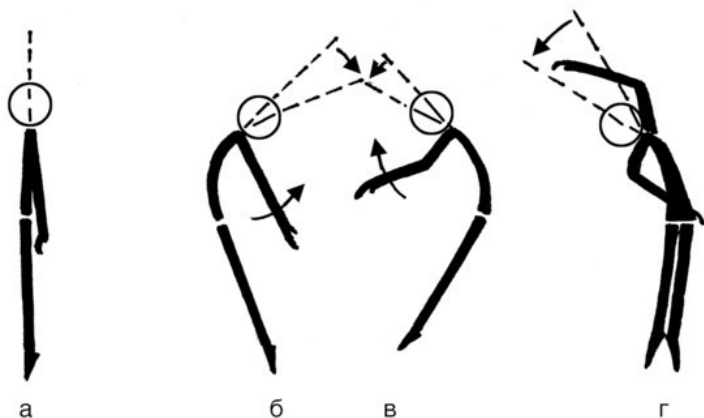


Рис. 3.2. Стимуляция мышечных групп в зависимости от установки головы

Конкретное действие ШТР у человека в норме (на примерах из спорта) проявляется в форме довольно простой, на первый взгляд, зависимости (рис. 3.2): усредненное положение головы относительно туловища (*a*) обеспечивает практически паритетное «распределение» тонуса мышц рук (в особенности плеча) и туловища. Если же установка головы меняется, то соответственно ее наклону перераспределяется и мышечный тонус: наклон головы назад, ее «разгибание» (*b*), стимулирует работу мышц-разгибателей тела, провоцирует его прогибание и соответствующее движение рук, например, в направлении вперед-вниз-назад из положения вверх. Наклон головы вперед (*в*) содействует сгибанию тела и движению рук (из положения вниз) в направлении вперед-вверх-назад. Соответственно действует и наклон головы в сторону (*г*). Наконец, последовательная смена положений головы относительно туловища (в том числе ее вращение по типу циркумдукции) вызывает соответствующее переключение стимулируемых мышц.

Исследованиями на здоровых субъектах-спортсменах (Ю. К. Гаве-рдовский, Н. П. Моисеев, 1977) показано также, что установка головы достоверно изменяет величину максимальных усилий, развиваемых испытуемым. Особенно четко это прослеживается на мышцах плечевого пояса.

Режимы действия ШТР. Несмотря на кажущуюся про-

стоту проявлений эффекта ШТР, его использование в практике обучения и физической тренировки требует знания определенных закономерностей и ряда режимов распределения тонуса в связи с эффектом ШТР (Ю. К. Гавердовский, 1970).

Простой режим. Наиболее естественно эффект ШТР проявляется при выполнении движений с функционально однонаправленными действиями в суставах.

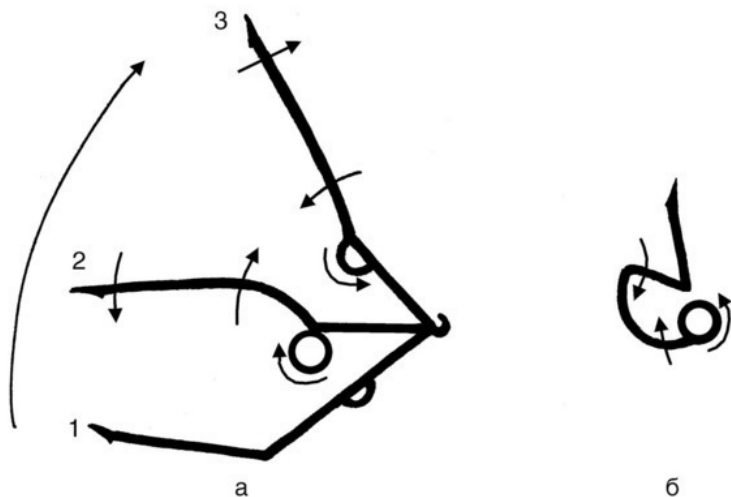


Рис. 3.3. «Простой режим» действия ШТР.

На рис. 3.3 показана фаза большого оборота назад на перекладине в исполнении новичка: стремясь выпрямиться по-

сле «броска» ногами вперед-вверх и улучшить зрительную ориентировку, он поднимает голову и «запускает» тем самым механизм ШТР, активизирующий мышцы-разгибатели туловища и плеча (к.к. 1—2). В результате тело прогибается, а вентральный плечевой угол уменьшается. В финале движения гимнаст вновь опускает («сгибает») голову (к.к. 2—3). Это не только позволяет восстановить благоприятную зрительную ориентировку, но и стимулирует работу сгибателей туловища и плеча, содействуя необходимой здесь «оттяжке» вверх. Другой пример, особенно типичный (б) – плотное группирование при движениях типа кувырков и сальто вперед: опуская голову на грудь, спортсмен стимулирует тотальное сгибание тела.

Описанный тонический режим, как уже отмечалось, наиболее естествен и может быть назван «простым». Однако, в спорте часты координации, предполагающие более сложные сочетания рабочих напряжений мышечного аппарата.

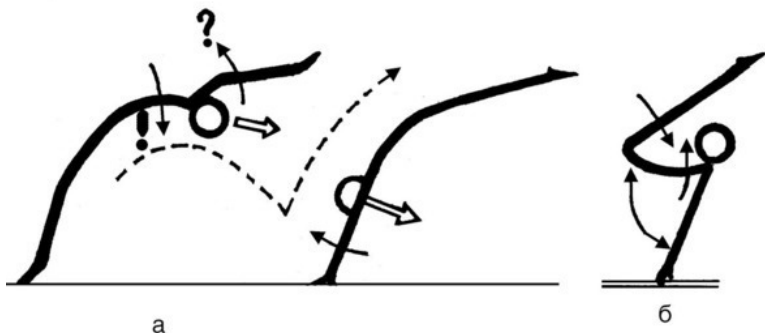


Рис. 3.4. «Доминантный режим» действия ШТР.

Доминантный режим. На рис. 3.4 показаны два таких случая. Акробат, выполняющий прыжок типа переворота назад (а), в первой части этого движения должен сообщить телу одноименное вращение за счет отталкивания ногами с энергичным маховым движением руками и туловищем. При этом голова прыгуна естественным образом «лидирует» в движении звеньев тела, наклоняясь назад. Такое построение движения кажется вполне естественным. Однако, по сути, соответствующая ему тоническая структура не идеальна: наклон головы назад, действительно, стимулирует разгибание (прогибание) туловища, но одновременно повышает и активность разгибателей плеч, в то время как для активного маха руками требуется их сгибание. Этим объясняется тот факт, что у новичков мах руками при «фляке» нередко бывает ослабленным; при этом, чем круче траектория движе-

ния тела (короче переворот, например, в начале разгонной серии фляков с места), тем сильнее сказываются описанные затруднения с махом руками.

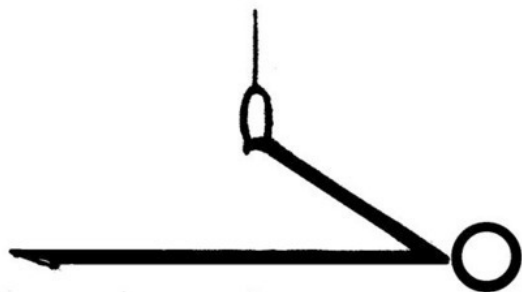
Характерные проблемы по тем же самым причинам возникают и в статике, например, при исполнении «мостика», когда при общем прогибании тела с сильным наклоном головы назад руки исполнителя норовят соскользнуть по опоре вперед, удаляясь от ног, так как мышцы плеча стремятся действовать не на сгибание, а на разгибание.

Второй пример из рис. 2.4, б также относится к статике – это гимнастический «высокий угол». Чтобы зафиксировать это положение в упоре, приходится одновременно сильно напрягать разноименные мышцы-разгибатели плеча (таз должен быть поднят как можно выше) и сгибатели туловища и бедра (чтобы «складка» в тазобедренных суставах была возможно более плотной).

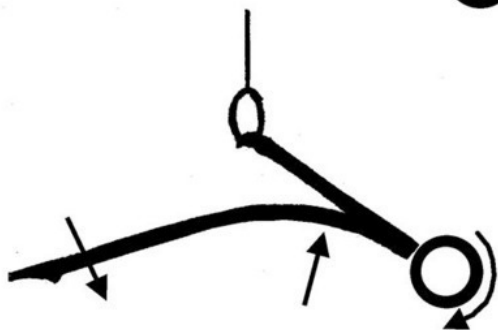
Таким образом, в приведенных примерах идеальное распределение тонуса за счет ШТР невозможно. Единственный возможный выход из этого положения – оказание предпочтения тем мышечным группам, которые в данном случае выполняют работу, наиболее важную для исполнителя. Этот режим мы будем называть «доминантным». Заметим, что выбор техники, от которой зависит та или иная форма использования эффекта ШТР, зависит не только от принципиальной структуры ДД, но и от двигательных возможностей исполнителя. Так, при исполнении «высокого угла» гимнаст

может фиксировать позу с головой, наклоненной как вперед, так и назад – в зависимости от того, какая именно группа его мышц больше нуждается в стимуляции.

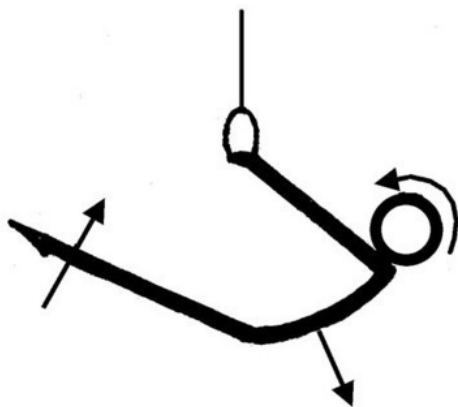
Компрессионный режим. Нередки также случаи, когда ни одна из разноименных мышечных групп, будучи весьма важной, не может выйти на роль безусловно доминирующей в данном упражнении. Так, при выполнении горизонтального виса с прямым телом (рис. 3.5) гимнаст должен сильно напрягать не только мышцы-разгибатели плеча, не дающие туловищу и ногам (взятым как целое звено) опуститься, но и мышцы-сгибатели самого туловища и бедер, задача которых – удерживать тело прямым, несмотря на действие силы тяжести.



a



б



B

Рис. 3.5. «Компромиссный режим» действия ШТР.

В норме (включая выполнение стилевых требований) гимнасту приходится использовать усредненное распределение тонуса мышц, удерживая некоторое промежуточное положение головы относительно туловища (*a*). Если в этих условиях наклонить голову назад (*б*), в более комфортных условиях оказываются разгибатели плеча, но, весьма вероятно, появление ненужного здесь прогибания тела. А при наклоне головы вперед (который провоцируется также стремлением контролировать положение тела зрением) происходит нечто противоположное (*в*). Характерно, что оба отклонения от нормы (*б*, *в*) нередки, когда гимнаст не справляется с упражнением и невольно стимулирует слабые мышцы соответствующей установкой головы.

Таким образом, существует вариант «компрессионного» распределения мышечного тонуса посредством ШТР. Заметим, что это весьма типичный для спорта случай, особенно характерный для рабочих положений со свойственной им преобладающей осанкой, требующей универсализма всех фоновых действий.

Ограничивающий режим. Наконец, эффекты, связанные с ШТР, могут использоваться не только для стимуляции тех или иных мышечных групп, занятых в работе, но и в целях сдерживания действия мышц, если это важно при обучении движению и исполнении упражнения.

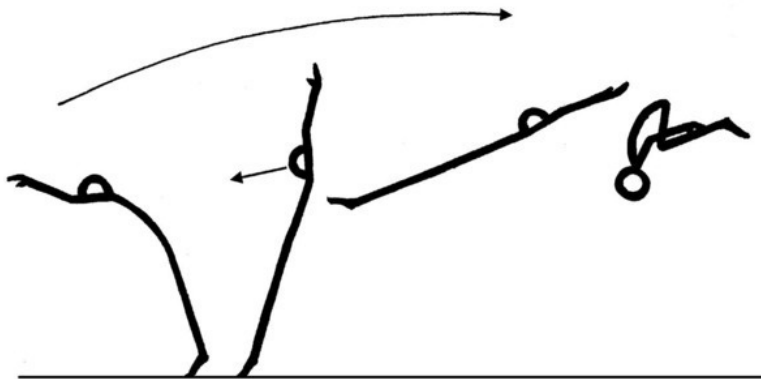


Рис. 3.6. «Ограничивающий режим» действия ШТР.

На рис. 3.6 показан момент перехода в полет при исполнении «затяжного» сальто назад. Особенность этого упражнения – в намеренном снижении активности вращения тела в полете, когда прыгун до возможного предела оттягивает по времени визуальный эффект сальто (собственно переворота через голову) и форсирует его лишь в самый последний, «критический» момент полета за счет плотного группирования. В данном случае ограничение «крутки» с самого начала упражнения задается преднамеренной установкой на ослабленное разгибание тела еще во время отталкивания от опоры, чему содействует некоторый наклон головы на грудь. Этот последний режим распределения тонуса мо-

жет быть назван «ограничивающим». По смыслу он противоположен всем предыдущим режимам и вместе с ними может становиться фактором рационального управления двигательными действиями при обучении.

Приведенные выше режимы распределения тонуса за счет эффекта ШТР описаны применительно к отдельным фазам сложных движений или к целостным статическим упражнениям. Однако в реальности многие спортивные упражнения представляют собой сложную координационную структуру, построение которой не всегда может быть обеспечено установкой на какой-либо один, избранный эффект ШТР.

Типичны случаи, когда помимо установки на наиболее рациональную рабочую осанку, создающую благоприятный биомеханический, тактико-технический фон, удобный для освоения и исполнения целой категории или вообще всех двигательных действий, упражнений, приемов в данном виде спорта, используются переключения. Это позволяет весьма эффективно исполнять наиболее важные (например, нападающие) или технически критические действия, при которых требуется повышенная мобилизация двигательных ресурсов. Именно в этих фазах упражнения особенно важную роль играет верное применение технических приемов, основанных на использовании ШТР. Так, борец во время броска через спину, требующего мгновенной мобилизации мышщ-разгибателей, начинает его с резким наклоном головы назад, но вновь меняет ее положение после поворота. Штангист,

выполняющий при рывке тягу из подседа (когда необходима предельно мощная работа разгибателей ног и спины), действует в положении с сильно приподнятой головой, а после ускорения движения и поднятия веса выше уровня плечевой оси, быстро переводит голову вперед, на грудь, содействуя тем самым действию сгибателей плеча, играющих в этой фазе решающую роль в подъеме штанги. Гимнаст, выполняющий акробатический переворот назад (рис. 2.4, а), в первой его части, связанной с прогибанием тела, наклоняет голову назад, а во второй части упражнения, требующей сгибания тела, «убирает» ее между руками.

Эффекты ШТР в обучении. Приведенные примеры резкой перестройки осанки за счет изменения положения головы характерны и особенно важны при обучении движению (Н. П. Моисеев, 1977). В дальнейшем же, по мере совершенствования движения и повышения уровня мастерства, спортсмен находит, как правило, наиболее рациональную меру применения приемов такого типа, используя их, по преимуществу, лишь в движениях, требующих предельной мобилизации ресурсов.

Таким образом, правильный выбор установки головы (включая изменение этой установки по ходу движения с учетом как тонических эффектов, так и особенностей ориентации в пространстве) играет существенную роль. Это особенно важно учитывать в начальных фазах обучения упраж-

нениям. Нередко одно только указание на изменение или уточнение положения головы позволяет избавиться от грубой ошибки и выстроить верное движение.

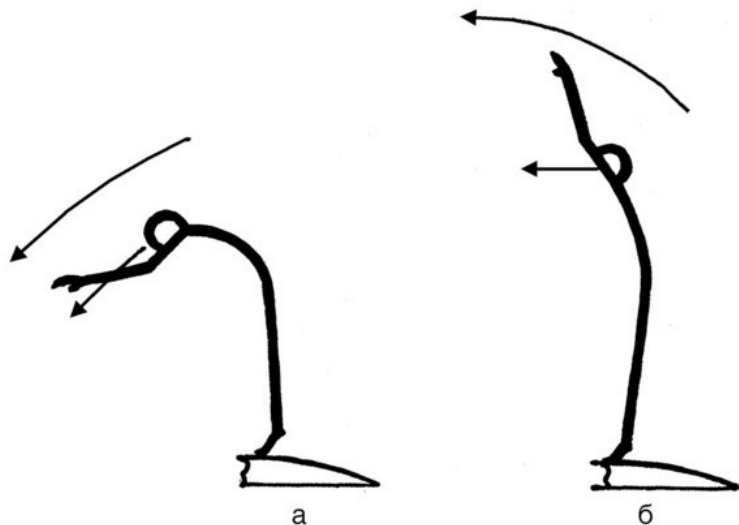


Рис. 3.7. Применение эффекта ШТР при обучении.

На рис. 3.7 изображен типичный пример из сферы акробатики. Осваивая сальто вперед с разбега, новичок часто стремится форсировать события, торопясь перейти в группированное положение и согнуться. Спортсмену кажется, что сальто, которое должно выполняться в группировке, от этого выигрывает (*а*). Как следствие, еще при отталкивании он

наклоняет голову вперед и, действительно, сгибается, получая в результате бесперспективное движение с ускоренным вращением, но очень низкое и краткое по времени. Чтобы исправить эту ошибку, иногда бывает достаточно одного указания на изменение положения головы, которая должна быть и в наскоке, и в отталкивании расположена прямо (б), а «на грудь» берется только после отчетливо осознанного и действительно произошедшего перехода в полет.

В процессе дальнейшего освоения и совершенствования движения роль указаний на эффекты ШТР снижается. Наиболее опытные спортсмены могут действовать в этом смысле достаточно непринужденно, по желанию выдвигая на передний план потребности ориентировки в пространстве, стилевые особенности манеры исполнения и др. (хотя такие произвольные отклонения от биомеханически рациональной осанки в той или иной степени всегда повышают напряженность выполнения двигательного действия). В этом смысле тезис о «подавлении» ШТР сознанием как бы находит свое прямое подтверждение. Однако это вовсе не означает снижения роли ШТР в построении обучения, когда очень важны естественные закономерности формирования ДД, в том числе закономерности возникновения произвольных двигательных действий.

Особенно важна роль указаний на эффект ШТР при формировании двигательных представлений, в том числе связанных с ошибками. Последнее относится и к неверно за-

ученным двигательным навыкам. Поэтому, анализируя особенности осанки, установки головы в практике, нельзя прямолинейно ссылаться на опыт мастеров: то, что весьма уместно в процессе обучения, не всегда может быть необходимо в дальнейшем. И наоборот: то, что со временем становится признаком индивидуального исполнения движения, пусть даже самого виртуозного, вовсе не обязательно должно служить образцом для подражания.

3.1.3. Условные рефлексy

Условные рефлексy не являются врожденными и приобретаются в процессе жизнедеятельности человека. В отличие от безусловных, они не отличаются выраженной устойчивостью, носят индивидуальный характер и не имеют определенного рецептивного поля. У человека и высших животных они осуществляются при обязательном участии коры больших полушарий.

Натуральный условный рефлекс может служить простейшим примером условного рефлексy, «срабатывающим» на раздражители типа вид или запах пищи, и т. п. Эффект таких натуральных условно-рефлекторных связей может существенно сказываться и на деятельности спортсмена. Например, внешние раздражители, не всегда осознаваемые, но регулярно сопровождающие учебно-тренировочную работу, такие, как антураж тренировочного зала, включающий

в себя звуковой фон, освещение, даже запах и т.п., могут влиять не только на психику, но и на физическое состояние спортсмена, его мышечный тонус.

Следовые условные рефлексy действуют на определенном временном расстоянии от раздражителя. Например, следовое возбуждение, вызванное окончанием одного упражнения, может служить рефлекторным сигналом для перехода к следующему. В определенных условиях следовые рефлексy играют также тормозную роль, когда переход к очередному действию (например, психологически или физически трудному, болезненному упражнению) требует сильной волевой мобилизации и подавления уже сформировавшихся условно-рефлекторных связей.

Торможение рефлексов – это явление, связанное с двумя видами угнетения рефлекторных процессов: безусловным (внешним) и условным (внутренним).

Безусловное торможение, как и одноименный рефлекс – врожденный механизм. Столь характерные для учебно-тренировочного процесса и соревнований внешние помехи, неудачи исполнения, особенно если упражнение достаточно сложно для спортсмена и не опирается на прочный двигательный навык (т.е. находится еще в процессе освоения и совершенствования), могут привести к торможению и дальнейшему, все более прогрессирующему нарушению двига-

тельных действий из-за неадекватной координации, «зажатости», утраты уверенности в действиях и других аналогичных причин.

В самых неблагоприятных случаях развивается форма запредельного торможения, являющаяся реакцией на очень сильные или длительные и устойчивые раздражители. Она играет роль защитного механизма, как бы ограждающего нервную систему спортсмена от истощения при попытке исполнения физических упражнений, вызывающих сильные боли, психологический дискомфорт и т. д. В этом случае могут наблюдаться особо неадекватные действия («заскоки») или отказ от исполнения упражнения. Чтобы преодолеть подобные затруднения, требуется создание специальных охранительных условий, при которых исключается или существенно ослабляется, в первую очередь, сам раздражитель, вызывавший торможение, который должен быть точно определен при анализе ситуации и «анамнезе». Последнее весьма важно, так как затруднения с исполнением упражнения часто объясняются причинами, не лежащими на поверхности и связанными с психикой спортсмена, в том числе с бессознательными реакциями на раздражитель.

Условное торможение может быть вызвано сигналами, близкими по форме к ранее имевшему место раздражителю. Связанное с этим явление было названо И. П. Павловым генерализацией. В частности, исполнение упражнения в условиях, напоминающих спортсмену о ранее перенесен-

ных неприятных ощущениях, сбоях, может привести к новому произвольному нарушению двигательных действий, снижению эффективности работы.

Таким образом, обе формы торможения – безусловное и условное – могут быть связанными: безусловное торможение, возникающее при определенных, сопутствующих ему устойчивых раздражителях (не обязательно связанных с упражнением, но ставших сопутствующим условием работы), может вызываться внешними условными раздражителями.

Угасательное торможение – явление, обратное по смыслу возникновению и закреплению условно-рефлекторных связей, наиболее характерная форма динамики условно-рефлекторных связей, свойственная занятиям физическими упражнениями.

Одним из основных принципов обучения упражнениям является, как известно, достижение прочности двигательного навыка, а устойчивость связанных с этим рефлекторных связей находится в прямой зависимости от их подкрепления посредством систематического, регулярного возобновления условий, при которых раздражитель вызывает нужную реакцию. Проще говоря, благодаря моторному обучению и тренировке.

В свою очередь, угасательным торможением обуславливается падение уровня владения двигательным навыком при детренирующем режиме, как и снижение показателей физи-

ческой подготовки, психомоторики, психологической готовности к работе. Отметим, что ослабление условно-рефлекторных связей, сопровождающее угасательное торможение, может служить и благоприятным фоном для коррекции двигательного навыка, исправления «заученных» ошибок исполнения.

3.2. РАБОТА МЫШЦ

3.2.1. Общие закономерности

Работа мышечного аппарата определяется целым рядом физиологических факторов и признаков, которые необходимо учитывать при анализе и освоении спортивных упражнений. Прежде всего, это касается закономерных связей, существующих между основными характеристиками действующей мышцы, таких как:

- скорость возбуждения мышцы;
- степень возбуждения мышцы и, как следствие, уровень ее напряжения/расслабления;
- рабочая длина мышцы;
- направление и скорость изменения длины мышцы;
- величина внешнего сопротивления, нагрузки, приложенной к звену, перемещаемому мышцей.

В зависимости от параметрического соотношения названных характеристик изменяется еще одна, наиболее важная характеристика – сила, развиваемая мышцей.

Рассмотрим ряд биомеханических закономерностей работы мышц, связанных с названными факторами.

Скорость возбуждения мышцы. Для того чтобы в процессе нервно-мышечной передачи возник необходимый потенциал действия мышечного волокна и произошло само сокращение мышцы, способное дать механический эффект, всегда требуется некоторое время. Величина этого временного отрезка соизмерима с длительностью важных двигательных действий в спорте.

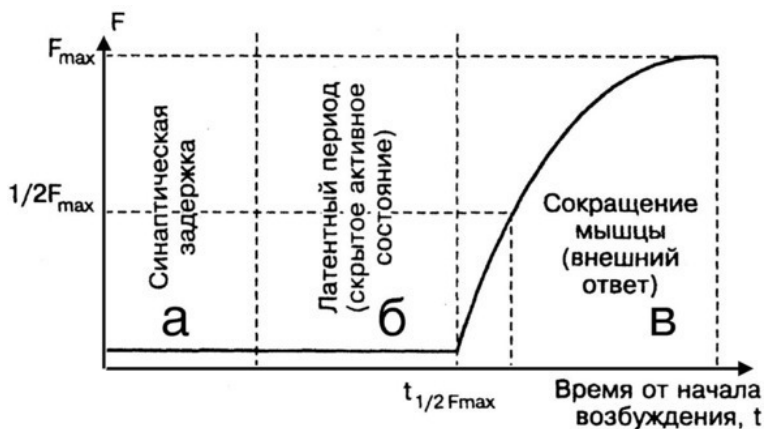


Рис. 3.8. Скорость возбуждения мышцы.

На рис. 3.8 показана схематическая картина изменения силы мышечной тяги от начала возбуждения мотонейрона

до максимального сокращения мышцы при ее ответе на сигнал. Помимо синаптической задержки (*a*), возникающей при переходе нервного импульса от мотонейрона к мембране мышечного волокна, имеет место также фаза механического бездействия мышцы, связанная с ее переходом в скрытое активное состояние, т.н. латентный период (*б*). Лишь после того, как срабатывают сократительные компоненты волокон, и их действие передается на последовательные компоненты (ПосК), возникает механическая тяга на концах мышцы (*в*). При этом такая тяга наиболее быстро нарастает в начале мышечного сокращения, до уровня, примерно соответствующего половине максимально достижимой силы ($1\frac{1}{2} F_{\max}$).

Описанная закономерность важна с практической стороны. При освоении и исполнении многих, особенно высокомоощных, «взрывных» спортивных движений, нужна предельно быстрая мобилизация мышц, помогающая достичь наивысшего механического эффекта их действия к наиболее ответственному моменту движения. Один из характерных приемов, позволяющих достигать нужного результата, заключается в упреждающем «включении» мышц, позволяющем пройти время латентного периода прежде, чем начинается фаза, требующая основной физической работы.

При исполнении хорошо освоенных, автоматизированных, в особенности циклических движений, действительно имеет место опережающая активность мышц. Так, нога, встречающая опору при беге, напрягается на 15—25 мс

раньше, чем возникает реальный контакт с опорой (В. М. Зацiorский, 1960). Такая «упреждающая активность» мышцы содействует ее ранней мобилизации, что изменяет как механические, так и реактивные свойства мышцы, становящейся менее растяжимой, более упругой (В. Б. Коренберг, 1979). Этим определяются многие нюансы техники движений спортсмена, в особенности действий типа отталкивания, при исполнении которых требуется достаточно высокая мобилизация всего мышечного аппарата, его повышенный тонус с постановкой ноги на опору в заранее подготовленном, напряженном состоянии.

Закономерность «нагрузка-сила». Предельные силовые проявления человека изменяются в зависимости от нагрузки, которую ему приходится преодолевать (рис. 3.9, В. М. Зацiorский, переработанный). Если человек перемещает тело различной массы с предельными для него мышечными усилиями, их величина растет пропорционально массе перемещаемого тела или внешнему сопротивлению.

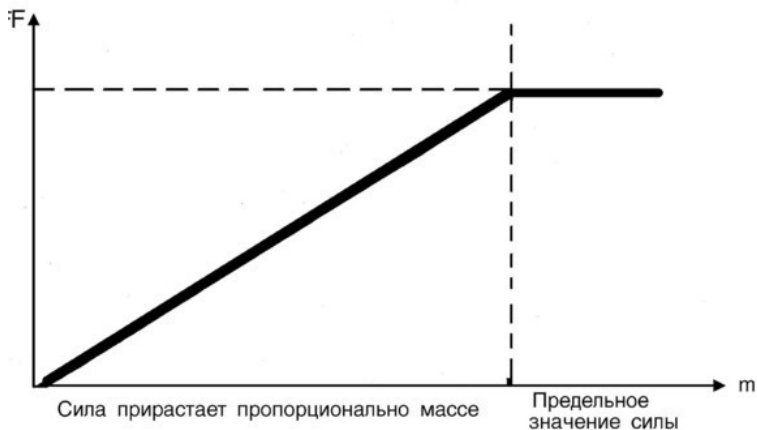


Рис. 3.9. К закономерности «нагрузка – сила».

Подтверждение этой закономерности легко найти в обыходе: человек не в состоянии развить большую силу, разрывая рукой паутину; спортсмен обнаруживает более значительные усилия при подъеме тяжелой штанги, чем при выталкивании ядра, и т. д. Однако, если сопротивление становится слишком большим, максимальные усилия, развиваемые человеком, не смогут подняться выше предела его возможностей в данном двигательном действии, как бы ни возрастало внешнее воздействие. Таковы, например, условия изометрической работы, когда спортсмен, предельно напрягаясь, стремится «сломать стену». Это обстоятельство накладывает отпечаток на выбор оптимальных отягощений или

степеней напряжения при тренировке силы, скоростно-силовых качеств, а также при обучении сложно координированным упражнениям. В этом случае, полноценное управление двигательным действием возможно лишь в условиях, когда спортсмен не только действует максимально эффективно в силовом, энергетическом смысле, но и свободно управляет движением.

Для иллюстрации последнего положения приведем косвенный пример с выбором оптимальной скорости разбега при опорных гимнастических прыжках: как правило, при «гладком» беге по дистанции спортсмен способен развивать бóльшую скорость, чем та, которая используется им в разбеге перед прыжком. Попытка действовать в разбеге с максимальным напряжением отвлекает на себя все потенциальные ресурсы управления движением и лишает исполнителя возможности уверенно и точно действовать в финале разбега, при наскоке на снаряд. Оптимален вариант действий, при котором спортсмен разбегается с максимально доступной ему скоростью, при которой сохраняется возможность точного управления двигательным действием. Это т. н. «скорость реализации» (Ю. А. Ипполитов, 1976), которая тем больше (и ближе к скорости «гладкого» бега), чем выше мастерство исполнителя. Это объясняет парадоксальные случаи, когда неопытный спортсмен, владеющий бóльшей, чем у мастера, скоростью «гладкого» бега, перед прыжком разбегается гораздо медленнее.

Закономерность «длина-напряжение». Как отмечено выше, миотатический рефлекс, являющийся базовой закономерностью и определяющей многие свойства поперечно-полосатой мускулатуры, лежит в основе и других важных свойств работы мышцы. Одна из них – активизация мышцы в ответ на ее натяжение. Упругие свойства покоящейся (пассивной) мышцы проявляются в том, что при натяжении в ней развивается напряжение¹¹. При этом напряжение, которое развивает мышца при сокращении в ответ на импульсацию, исходящую от мотонейронов, зависит от фактической ее длины. Эта зависимость выражается в форме характеристической кривой «длина-напряжение» (рис. 3.10).

¹¹ В механике понятия «напряжение» и «сила» различаются. В данном контексте «силу» следует понимать, как меру общего действия мышцы в точках ее прикрепления на костях, тогда как «напряжение» есть отношение данной силы к физиологическому поперечнику мышцы. Эту разницу легко понять из следующего сопоставления: тонкую резинку можно легко напрячь небольшим усилием (сила маленькая, а напряжение большое), но такая же или даже большая сила, приложенная к толстому резиновому жгуту, вызовет лишь незначительное напряжение. Однако, в рамках рассмотрения связи «длина-напряжение» смысл понятий «сила» и «напряжение», в сущности, не различается.

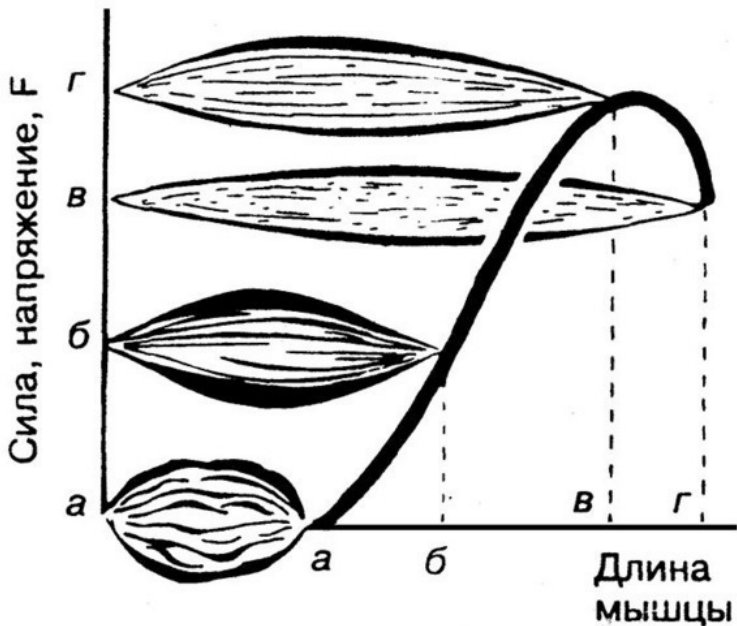


Рис. 3.10. Зависимость «длина – напряжение».

До известных пределов связь «длина-напряжение» носит почти линейный характер (*а-в*), и чем больше, в границах этой зоны, натяжение мышцы, тем больше ее напряжение. Напряжение сокращающейся мышцы максимально, если ее длина примерно на 20% больше т.н. «равновесной» длины, при ее полном покое и расслаблении (*а*). Однако, по достижении некоторого максимума увеличение длины мышцы не только не дает прироста напряжения, но вызывает его сни-

жение (*в-2*). Это называется охранительная реакция мышцы. Наибольшая длина мышцы в условиях анатомической нормы обычно достигается при максимальном удалении друг от друга костных рычагов и точек ее прикрепления. Однако, оптимум натяжения мышцы не всегда достижим. Так, даже предельное разгибание руки в локтевом суставе не может сильно натянуть сгибатели предплечья. И напротив, максимальное сгибание тела в тазобедренных суставах (в положениях типа «складки») или его прогибание (при упражнениях типа гимнастического «мостика») может привести к запредельному натяжению мышц, при котором их напряжение падает, и значительных усилий в этом случае исполнитель упражнения развить не сможет.

Следует учитывать также, что степень напряжения мышечных волокон при натяжении и, как следствие, развиваемая ими при этом сила, зависят от степени возбуждения натягиваемой мышцы. Чем оно выше, тем, при прочих равных условиях, больше развиваемое ею напряжение. Это явление подобно тому, как более тугая пружина, будучи растянутой, «ответит» более сильной тягой. Такое свойство очень важно при исполнении мощностных движений и, особенно, при участии тех мышц, которые по тем или иным причинам не могут давать значительное линейное удлинение. В этом случае работа мышцы будет высокоэффективной даже при линейно незначительном, но напряженном удлинении, чем подчеркивается исключительно важное значение рабочего

тонаса при исполнении спортивных упражнений.

Эффективность спортивных движений сильнейшим образом зависит от того, в какой степени закономерность «длина-напряжение» учитывается при построении техники упражнения и ее освоении в обучении. Практически, ни одно упражнение, рассчитанное на мощную мышечную работу, не может быть выполнено эффективно, если данная закономерность не учитывается.

Примеров технических решений, основанных на применении закономерности «длина-напряжение», бесчисленное множество. Наиболее типичный из них – использование подготовительных действий типа «замаха» перед выполнением ключевого действия. Такой замах ногой или рукой можно наблюдать перед ударом в футболе, теннисе, волейболе; перед выполнением броска копья, гранаты; перед «броском» ногами в маховых гимнастических упражнениях и др.

Помимо замаха существует масса других технических приемов, в том числе «спрятанных» в глубине структуры спортивного движения, которые также предполагают предварительное натяжение мышц, мобилизуемых в следующей фазе движения. Так, при исполнении любых отталкиваний основным действиям, предназначенным для ускоренного удаления масс тела от опоры, предшествует фаза типа «подседания», когда мышцы опорных звеньев, занятые в отталкивании, предварительно (под действием силы тяжести и, особенно, инерционного напора) напряженно натягиваются,

развивая при этом усилия, максимальные для данного движения.

Отметим в заключении, что модернизация спортивной техники всегда двигалась в направлении все более точного применения биомеханических закономерностей и, в первую очередь, закономерности «длина-напряжение».

Закономерность «скорость-сила – это зависимость, природа которой также восходит к миотатическому рефлексу. Сила, развиваемая мышцей, зависит не только от степени ее натяжения, но и от того, с какой скоростью длина мышца изменяется. При этом важна не только численная скорость изменения длины мышцы, но и направление изменения. Иначе говоря, сила, развиваемая мышцей, зависит от того, насколько быстро мышца сокращается или натягивается.

На рис. 3.11 (Б. Аббот и др., 1959] показан график, иллюстрирующий такую зависимость. Можно видеть, что сила F , развиваемая мышцей, тем меньше, чем быстрее последняя сокращается (ср. точки «а» и «б»). При напряжении изометрического характера, т.е. в тех случаях, когда длина мышцы не изменяется, она может развить силу, превышающую силу сокращения (ср. точки «б» и «в»). В свою очередь, сила изометрического напряжения мышцы зависит от ее импульсации и степени натяжения (ср. «в» и «г»). Но особенно возрастают силовые возможности мышцы в ситуациях, когда

она увеличивает свою длину, т.е. натягивается (∂), причем развиваемая мышцей сила тем больше, чем быстрее ее натяжение (ср. точки « ∂ » и « e »). Природа этого эффекта также восходит к миотатическому рефлексу, действующему дифференцированно в зависимости от изменения условий работы.



Рис. 3.11. Зависимость «скорость – сила».

На первый взгляд закономерность «скорость-сила» кажется парадоксальной, так как представление о наиболее активной работе мышцы обычно связывается с ее сокращением, а не удлинением. Но в действительности это не так. Как уже не раз отмечалось, мышца может наиболее эффективно действовать только на фоне натяжения, тем более быстрого. Давно известно, что, например, максимальные усилия при отталкиваниях развиваются не в фазе собственно выталкивания в сторону от опоры (т.е. при сократительной работе мышечного аппарата), а в фазе амортизации, когда исполнитель отталкивания еще сближается с опорой и тем самым напряженно натягивает мышцы, которым предстоит в дальнейшем выполнять само отталкивание.

Поясним сущность закономерности «сила-скорость» аналогией. Представим себе, что бобслеист разгоняет свои массивные сани, толкая их перед собой. В первый момент, пока снаряд покоился, к нему придется прикладывать максимальные усилия, чтобы стронуть его с места и начать ускорение. Таким образом, в этой фазе спортсмен имеет возможность работать с предельным напряжением. Но по мере того, как скорость нарастает, усилия, прилагаемые к снаряду, падают, поскольку спортсмену все труднее поддерживать скорость, позволяющую сохранять эффективный контакт со снарядом. Проще говоря, бобслеист не может прикладывать к саням силу, если он не в состоянии их догнать. В критический момент, когда скорость саней будет равна

максимально доступной спортсмену скорости бега, возможности силового воздействия на ускоряющийся снаряд иссякают (если не считать возможности тормозить движение, см. ниже).

Мышца, разгоняющая при сокращении массу звена, оказывается в аналогичной ситуации: чем больше скорость звена в сравнении со скоростью активного укорочения мышцы, тем меньше развиваемая ею сила. Не трудно также заметить, что описанная ситуация прямо соотносится с закономерностью, связывающей максимальную силу мышцы с преодолеваемым ею сопротивлением (см. рис. 3.9 и текст к нему); в примере с санями бобслеиста спортсмен тем меньше способен прикладывать к снаряду силу, чем меньше последний ему «сопротивляется» по мере ускорения движения.

При исполнении физических упражнений описанная особенность работы мышечного аппарата накладывает отпечаток на действия человека не только при быстрых, но и замедленных движениях. Характерна известная ситуация противоборства на руках (типа армрестлинга), когда один из соперников, поначалу получивший перевес, вынужден затем остановиться, и возникает равновесие или даже обратное движение со сменой инициативы¹². Здесь в неподвижной позиции борьба ведется за счет изометрического режима работы мышц, но, как правило, с непрерывным игровым изменением степени напряжения мышц с обеих противобор-

¹² Пример, предложенный В. Б. Коренбергом.

ствующих сторон. Во время атаки одного из соперников последний действует в преодолевающем режиме, а его противник – в останавливающем. При этом в чисто физиологическом смысле, нападающий вынужден работать в неблагоприятных условиях, тогда как защищающийся, благодаря напряженному натяжению мышечного аппарата руки и плечевого пояса – легче наращивает усилия. И чем быстрее происходит движение, тем больше ситуация смещается в пользу защищающегося. Именно поэтому часто атака «захлебывается» и вновь наступает изометрическое равновесие. По этой модели может протекать противоборство в сумо, регби, а также в таких видах состязаний, как перетягивание каната.

Другие примеры. Зафиксировать трудное силовое положение на кольцах – упор руки в стороны («крест») легче, если гимнаст опускается в него из упора не нарочито замедленно, как это часто делают неопытные исполнители, боясь «провалиться», а достаточно динамично. Благодаря этому, приводящие мышцы плеча, выполняющие здесь главную работу, развивают большее усилие, чем при осторожном опускании.

Еще один пример – взмах руками при отталкиваниях в акробатике. Иногда спорят: как надо (или можно) высоко «выпускать» руки вверх, например, при отталкивании на сальто назад? Между тем, если иметь в виду энергетическую эффективность этого действия, спор оказывается беспредмет-

ным. Дело в том, что энергетический эффект махового движения руками зависит от того, как долго, выбрасывая руки вверх, гимнаст сможет наращивать скорость их движения. Если нарастание высоты взмаха сопровождается падением силовой тяги, то мах перестанет быть эффективным, и лучше заблаговременно ограничить его по амплитуде. Если же скоростно-силовые возможности спортсмена достаточно велики, он может дольше ускорять звено и соответственно пользоваться более высоким (если это оправдано технически) взмахом.

Сказанное в равной мере относится, разумеется, и к любым другим скоростно-силовым движениям, например – маху ногой при исполнении махового сальто и т. п. Из этого вытекает очевидный вывод о том, что обучение таким спортивным движениям должно быть всегда индивидуализированным и очень тесно увязываться с реальными двигательными возможностями спортсмена и специальной физической подготовкой.

Наконец, при построении техники упражнения и обучении важно учитывать, в каких именно фазах и с какой скоростью изменяется рабочая длина мышцы. Например, чем быстрее, «резче» происходит переход от подседания к собственно отталкиванию при прыжках, от замаха к собственно броску при метаниях и т.д., тем выше скорость натяжения основных мышц, занятых в исполнении данного действия, и тем больше развиваемая ими сила. С этим связаны нюан-

сы обучения подобным упражнениям, когда важно строить движение с вполне определенной акцентировкой действий.

3.2.2. Режимы работы мышц

Как отмечалось, мышца может находиться в различных состояниях в зависимости от сочетанного действия ряда факторов.

Понятие «режима работы» мышцы связано, прежде всего, с совокупным действием двух генеральных факторов, определяющих рабочее состояние мышцы. Это степень возбуждения/расслабления и изменения ее рабочей длины.

Степень возбуждения/расслабления мышцы определяется силой импульса, поступающего из мотонейрона к концевым веточкам соответствующего аксона. Очевидно, что между состоянием полного покоя с расслаблением мышцы и максимально возможным в каждом данном случае ее возбуждением (напряжением) существует неограниченное число промежуточных градаций. Тем не менее, для исходного анализа работы мышц удобно пользоваться условно альтернативными понятиями «возбуждения» и «расслабления» мышцы.

Рабочая длина мышцы определяется степенью удаления друг от друга зон ее прикрепления к костям кинематической пары. Соответственно этому, под сокращением (или укорочением) мышцы понимается уменьшение ее длины при сближении несущих концов кинематической пары, а под натяже-

нием (или удлинением, растяжением, хотя последняя формулировка менее удачна, так как носит «травматический» оттенок) – увеличение ее длины при движении противоположного характера. Этот момент следует подчеркнуть, так как иногда в понятие «сокращение» вкладывают смысл, соответствующий «напряжению» и работе в преодолевающем режиме, что приводит к недоразумениям.

Основные режимы работы мышц. Показатели возбуждения и рабочей длины мышцы могут по-разному сочетаться друг с другом, вводя мышцу в различные режимы работы, описанные ниже.

(Встречающаяся в литературе терминология, относящаяся к режимам работы мышц, неоднозначна и часто носит обобщенный характер. Так, любая работа мышцы на фоне ее удлинения (без учета степени ее возбуждения) именуется «эксцентрической», при сокращении – «концентрической», при сохранении длины (независимо от степени натяжения) – «изометрической», при неизменном напряжении (включая чисто лабораторный случай) – «изотонической». Работа напряженной мышцы при сокращении именуется не только «преодолевающей», но также «миометрической», при удлинении – «уступающей» или «плиометрической». Таким образом, существует некоторая разногласица, порой затемняющая суть дела. В рамках настоящей работы используется терминология, в основном опирающаяся

на работы Д. Д. Донского [...]. Она позволяет достаточно детально рассмотреть различные режимы работы мышечного аппарата, обращаясь к конкретным примерам из спортивной практики).

Ниже рассматриваются наиболее характерные состояния мышц, связанные с понятием мышечного режима.

Поскольку мышцы работают весьма разнообразно, о фиксированных режимах работы мышц можно говорить лишь условно. Однако понимание различий между этими базовыми режимами весьма важно для анализа техники спортивных упражнений. Рассмотрим вначале четыре наиболее важных динамических режима, встречающихся при исполнении спортивных движений (рис. 3.12).

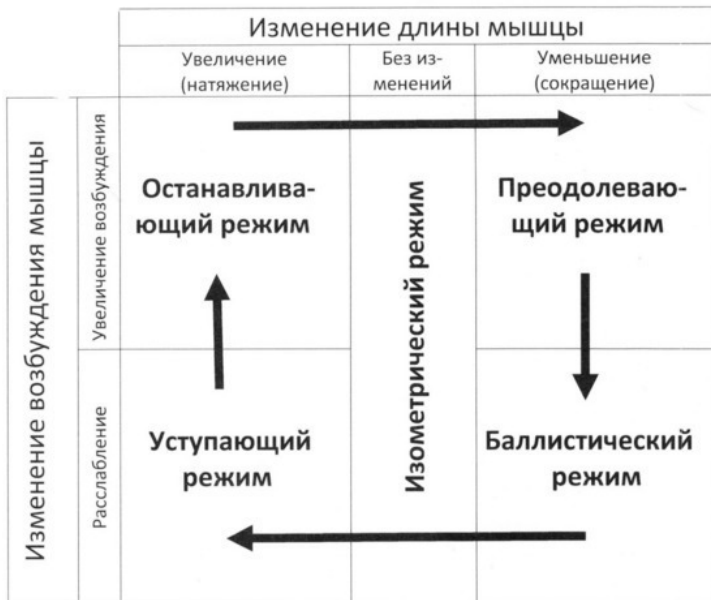


Рис. 3.12. Основные режимы работы мышц.

Останавливающий режим – состояние работающей мышцы, когда, натягиваясь, она все более возбуждается. В спортивной практике действия в останавливающем режиме очень существенны. Так, при упругом приходе на опору с прыжка или в беге, напряженные мышцы неизбежно натягиваются, развивая при этом наиболее значительные усилия. В останавливающем режиме мышцы работают также при движе-

ях реверсивного характера, когда ранее разогнавшееся звено форсированно останавливается натягивающимися антагонистами и затем разгоняется в противоположном направлении. Эти фазы спортивных движений крайне важны, так как являются одним из основных средств эффективной подготовки мышечного аппарата к работе и самой работы в наиболее ответственных динамических компонентах движения.

Преодолевающий режим лежит в основе множества активных произвольных действий типа тяг, отталкиваний и т. п. Это сочетание одновременного сокращения и нарастающего напряжения мышцы. С отвлеченно биомеханической точки зрения, такой режим как бы менее выгоден, чем останавливающий, поскольку не позволяет развивать максимальные усилия. Но технически работа в преодолевающем режиме – единственная возможность активно воздействовать на внешние тела, сообщая им движение. Вместе с останавливающим режимом, преодолевающий режим является решающим техническим компонентом таких действий, как упругое отталкивание при беге, прыжках, когда после постановки опорного звена на опору вначале следует упругое приближение к опоре (с работой в останавливающем режиме), после чего следует преодолевающая работа.

Баллистический режим, как показывает само его название¹³, связан с выполнением движений броскового характера. При этом мышца (или группа синергистов), постепенно

¹³ От греческого «балло» – «бросаю».

расслабляясь, продолжает сокращаться в силу инерционного движения звена, получившего ускорение, в результате чего точки прикрепления мышцы сближаются. Строго говоря, «баллистической» следовало бы называть работу мышц, по крайней мере, в двух фазах собственно бросковых движений и, соответственно, в двух локальных режимах, относящихся к сокращению мышц, выполняющих бросок. А именно – в фазе напряженной преодолевающей работы, сообщающей положительное ускорение движущейся массе, и в фазе последующего сокращения тех же мышц, но уже на фоне их постепенного расслабления.

Уступающий режим возникает при сочетании расслабления мышцы с ее одновременным натяжением под действием внешней силы¹⁴, включая действие антагонистов. Естественным следствием этого является постепенное, пропорционально степени и скорости натяжения, возрастание напряжения этих мышц, что чрезвычайно важно при исполнении движений реверсивного, в том числе циклического типа. Иначе говоря, работа мышц в уступающем режиме естественным образом готовит их к новому активному сокращению.

Порядок, в котором были прокомментированы четыре ключевых режима работы мышц – не случаен. Суть в том,

¹⁴ Заметим, что при наиболее общем толковании понятия «уступающая» («полиметрическая») имеется в виду любая работа с натяжением мышцы, но в нашем случае это конкретно натяжение с одновременным подрасслаблением.

что при исполнении суставных возвратно-колебательных движений последние следуют друг за другом в определенном порядке, образуя цикл (на рис. 3.12 ему соответствует последовательность режимов, идущих друг за другом в круговом направлении по часовой стрелке).

Рассмотрим пример. Если предложить человеку выполнять повторные, без остановок, маятникообразно махи прямой рукой в горизонтальной плоскости (например, слева направо и обратно), большая грудная мышца (как одна из синергистов, участвующих в этом движении), в момент быстрого маха рукой вправо будет работать в останавливающем режиме. Затем, после того как рука достигнет крайней точки движения, та же мышца, продолжая быть напряженной, начнет действовать в преодолевающем режиме. Далее, разогнав руку до определенной скорости, большая грудная мышца будет, благодаря инерционному движению конечности, постепенно расслабляться, переходя к баллистическому режиму. Наконец, когда звено уже совершает обратное движение под действием антагонистов (задние пучки дельтовидной мышцы и др.), грудная мышца, до того времени оставаясь расслабленной, начнет натягиваться (уступающий режим) и, благодаря этому, все больше напрягаться, переходя к останавливающей работе, т.е. к началу нового цикла колебательных движений.

Описанный цикл, включающий в себя четыре наиболее важных режима, характерен тем, что каждая мышца, участ-

вующая здесь в движении, прежде чем развить необходимое усилие, предварительно натягивается, что чрезвычайно важно для рациональной, гармоничной работы всего мышечного аппарата. В литературе такой режим работы мышц, при котором они действуют в условиях эффективного предварительного натяжения, иногда именуется ауксотоническим. Характерно также, что мышцы при этом действуют реверсивно, то есть заставляют звено перейти к возвратному движению в каждой крайней точке цикла.

В спорте чисто циклические, возвратно-колебательные движения не так редки, как может показаться. Это, например, разнообразные размахивания в висах и упорах или ритмически выстроенные сгибания-разгибания тела в гимнастике, все шагательные, в том числе беговые движения, даже подготовительные махи рукой с диском у легкоатлета, и т. д. Вместе с тем очевидно, что в ациклических движениях, могущих составлять постоянно меняющиеся стохастические цепи (например, в действиях баскетболиста, маневрирующего на площадке), работа мышц носит более сложный, «мозаичный» характер, и komponуется как бы «из обломков» описанного цикла.

Помимо динамических существуют также статические режимы работы мышц, также весьма характерные для спортивной практики. С ними связаны известные упражнения и состояния, начиная от поз с полным расслаблением мышц и заканчивая труднейшими силовыми фиксациями, отягощен-

ными положением тела или внешней нагрузкой. Прокомментируем в этой связи еще один режим работы мышц, хорошо известный из литературы и практики и также показанный в рис. 3.12.

Изометрический режим – состояние, при котором мышца сохраняет свою длину при разных степенях ее натяжения и напряжения. В своих активных разновидностях такая работа может использоваться для иммобилизации суставных сочленений, удержания заданной силовой позы и т. п. Примеры изометрической работы многочисленны. Формально, это вообще все статические упражнения, особенно характерные для гимнастики, групповой акробатики, поддержек в фигурном катании и т. д. Особенно характерны равновесные и трудные силовые фиксации, часто сопровождающиеся предельной мобилизацией силовых возможностей спортсмена (статические силовые упражнения в гимнастике, фиксация штанги и др.).

Характерны также упражнения, в которых заданная поза должна фиксироваться по ходу движения тела спортсмена в постоянно изменяющемся силовом поле. Так, гимнаст, выполняющий спад в вис на перекладине, должен удерживать возможно более «оттянутое» и выпрямленное положение, несмотря на нагрузки, значительно меняющиеся как по величине, так и по направлению (по В. Т. Назарову – «динамическая осанка»). Отметим также, что в этом смысле и все равновесные упражнения типа стоек и т. п. также требуют,

несмотря на внешнюю статичность положения, постоянно варьирующих усилий, связанных с балансированием.

Соотношение режимов работы мышц-антагонистов.

Из приведенного выше разбора видно, что работа мышц-антагонистов тесно связана, и в общем соответствует рассмотренному выше принципу реципрокной иннервации. Это прямо соотносится и с циклической сменой режимов в работе мышц.

На рис. 3.13 приведено построение, иллюстрирующее характер одновременной занятости противопоставленных мышечных групп. Можно видеть, что упорядоченные возвратные действия-движения антагонистов функционально противоположны. Так, если мышцы работают в останавливающем режиме, то их антагонисты в это же время проходят фазу баллистического. Преодолевающему режиму одной группы «отвечает» уступающий режим другой, противопоставленной мышечной группы.

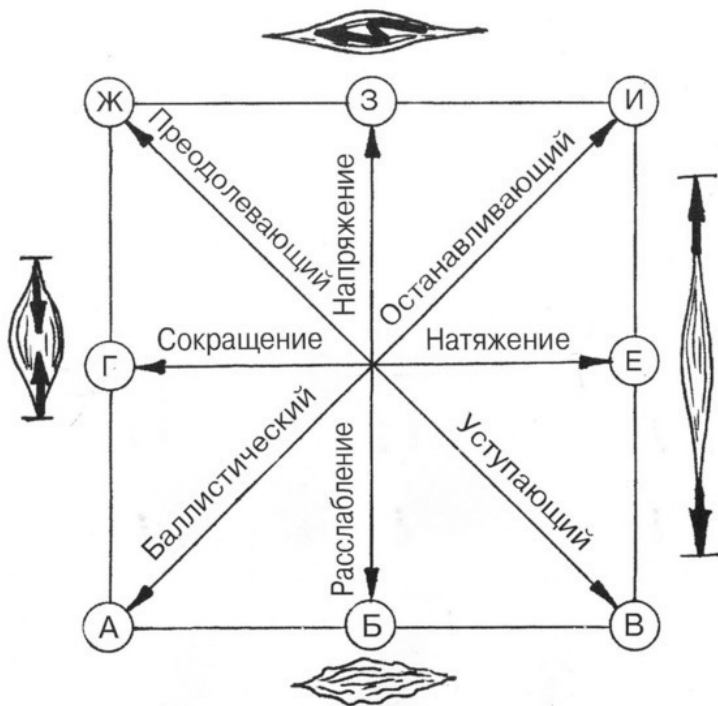


Рис. 3.13. Сочетание режимов работы мышц-антагонистов при возвратно-колебательных движениях.

Разумеется, надо понимать, что эта картина идеализирована и иллюстрирует лишь самый общий принцип сочетаний мышечной работы, так как реальная мышечная работа – это не «стерильные» маятникообразные колебания в биокинематической цепи, а сложные, многообразные движения, «об-

служивающие» самые различные спортивные движения.

Двигательные действия и режимы работы мышц.

В связи с вышесказанным, рассмотрим ряд конкретных двигательных действий и состояний, заставляющих мышцы работать или пребывать в разнообразных режимах, начиная с наиболее элементарных случаев.

На построении в рис. 3.14 дается ряд «точек» и «траекторий», показывающих характерные режимные состояния мышц (построение соответствует рис. 3.13., буквами обозначены опорные точки построения, соответствующие состоянию мышц, цифрами – точки на траекториях, соответствующих изменениям в состоянии мышц в реальных движениях).

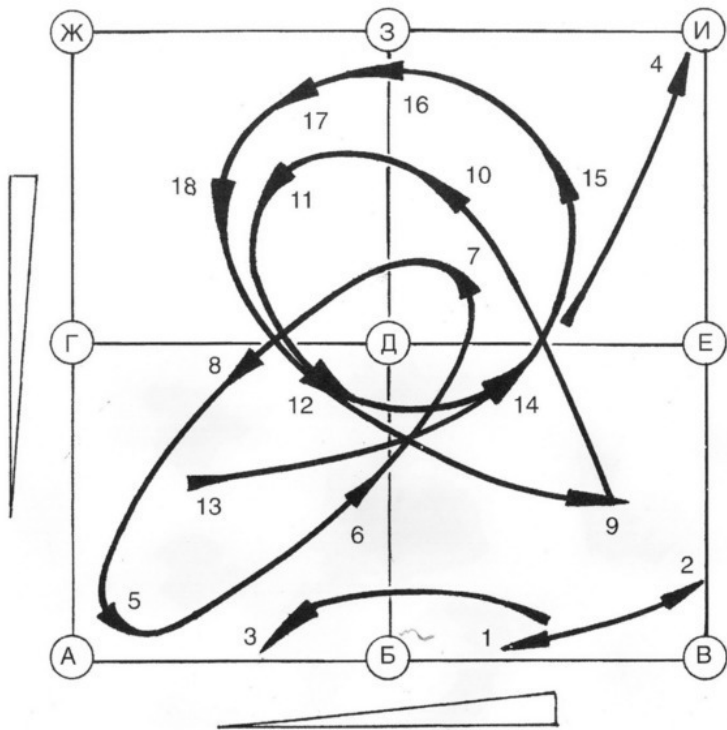


Рис. 3.14. Изменения режимов работы мышц в реальных упражнениях.

Приведем ряд реальных примеров, в которых чередование мышечных режимов носит сложный «мозаичный» характер, соответствующий структуре действий-движений в различных упражнениях.

1↔2. Упражнения на растяжку. Стремясь максимально расслабиться, спортсмен полностью подчиняется внешним воздействиям. Например, сидя на полу, с помощью партнера предельно наклоняется вперед, повторяя движение циклически.

3. Произвольное изменение позы в отсутствие внешних нагрузок. Типичный пример – суставные движения в безопорных положениях без быстрого вращения.

4. Останавливающая работа и силовая фиксация положения. Наиболее характерный пример – силовые гимнастические опускания в положения типа «креста», горизонтальных висов, упоров и др.

5→6→7→8→5. Инерционные циклические сгибания/разгибания типа «размахиваний изгибами» на перекладине. На рис. 3.14 они показаны эллиптической «траекторией», захватывающей все зоны построения, но в основном располагающейся в его левом нижнем углу, соответствующем преимущественно баллистическому режиму с ярко выраженным инерционным движением массивных звеньев. Подчеркнем, что чем больше выражено в этом цикле свободное, инерционное движение, тем выше технический уровень исполнения упражнения.

9→10→11. Отталкивание «с места». В простейшем случае спортсмен из статического подседа (9), резко наращивая напряжение мышц-разгибателей и вызывая их сокращение

(9→10), выпрыгивает вверх. В биомеханическом плане такое движение малоэффективно, так как выполняется без должной подготовки: мышцы, выполняющие отталкивание, в известной степени натянуты, но начинают работу из статического положения, в котором скорость натяжения мышц, вовлекаемых в работу, равна нулю.

12→9. Приземление в остановку. Чтобы полностью погасить движение, спортсмен действует преимущественно в уступающем режиме с сопутствующим подрасслаблением мышц, снимающим напряжение, которое может нарастать по мере увеличения натяжения мышц («притормаживание с уступанием», по Д. Д. Донскому).

13→14→15→16→17. Упругий наскок на опору и наскок. Прыжок с места, уже рассмотренный нами (9→10→11), и прыжок, выполняемый с темпового упругого наскока на опору (что наиболее типично и важно, как предмет обучения), обладают большим внешним сходством. Однако, анализируя «траектории», показанные на рисунке, можно убедиться, что эти двигательные действия, в отношении режимов мышечной работы, совпадая в отдельных деталях (ср. точки 9→10 и 15→16; 10→11 и 16→17), вместе с тем существенно различаются. В прыжке «с места» отсутствует эффективная подготовительная фаза действий, дающая темповое натяжение мышц-разгибателей при упругом наскоке. Данные различия носят принципиальный характер, тогда как в практике они, как правило,

не учитываются. Это касается, в частности, и физической стороны прыжковой подготовки: установка на прыжки «с места» и «с темпа» тренирует разные двигательные способности спортсмена. Наконец, заметим, что любой вид прыжка может завершаться приземлением в остановку ($9 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12 \rightarrow 9$ или $13 \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 18 \rightarrow 12 \rightarrow 9$), а также переходить в циклические прыжки с промежуточными упругими приземлениями, как это происходит в беге или «многоскоках» ($14 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow 17 \rightarrow 18 \rightarrow 12 \rightarrow 14$).

Рассмотренные случаи движений, так же, как и сами режимы работы мышц, по сути упрощенные модели истинной деятельности мышечного аппарата спортсмена. Однако профессиональный анализ тренировочных упражнений в спорте, описание технических эффектов движений не возможны без удовлетворительного знания хотя бы основных, грубо очерченных закономерностей работы двигательного аппарата.

3.3. УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯМИ

Рассмотренные выше биомеханические закономерности работы двигательного аппарата спортсмена относятся, по преимуществу, к его периферической, эффективной части. Между тем, любой двигательный акт, совершаемый человеком, предполагает участие в исполнении движения центрально-нервных механизмов, подобно тому, как передви-

жение на автомобиле требует не только наличия подвижной части с рамой, мотором и колесами, но и системы управления, на вершине которой находится водитель.

3.3.1. Кольцевая схема управления движениями

Вопрос об управлении произвольными движениями широко и разнообразно обсуждался в специальной литературе, и основные положения, относящиеся к данной проблеме, ныне сложились в достаточно определенную концепцию. Это концепция кольцевых процессов управления двигательными действиями на основе сенсорных коррекций, полностью применимая и к спортивным двигательным действиям.

Фазы управления движениями. На рис. 3.15 принципиальная схема управления двигательным действием, в целом соответствующая концепциям П. К. Анохина, Н. А. Бернштейна и др., но адаптированная в целях прикладного применения. Анализ этой схемы регуляции двигательных действий помогает понять целый ряд закономерностей освоения и исполнения спортивных упражнений.

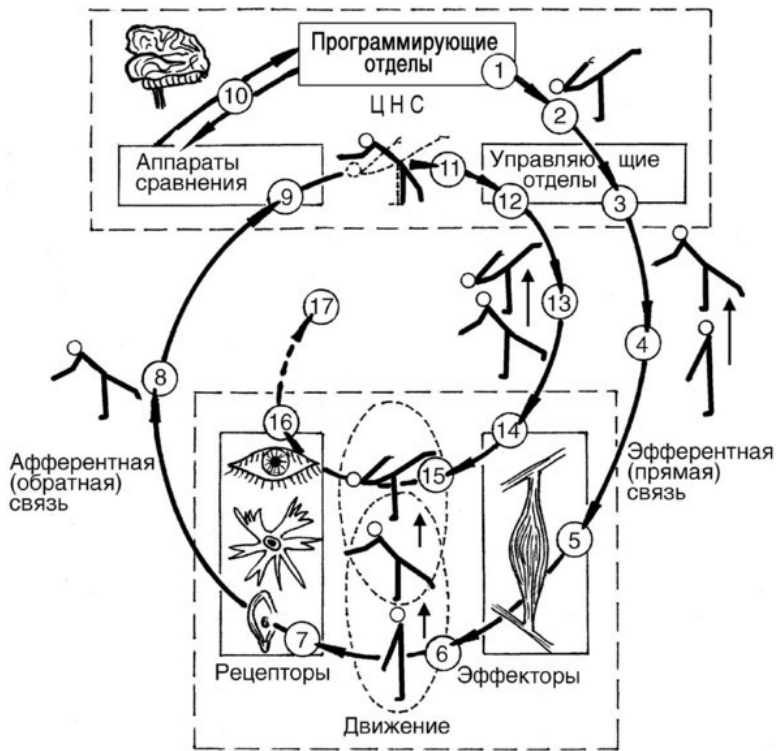


Рис. 3.15. Кольцевая схема управления двигательными действиями на основе сенсорных коррекций.

Обозначения: 1—2 – формирование образа действий в программирующих отделах ЦНС спортсмена, 3—4 – сигнал прямой связи и начало действия, 5—6 – активная мы-

шечная работа и ее начальный физический эффект, 7—10 рецепция осуществленного движения и сигнал обратной связи, поступающий в аппараты сравнения и программирующие отделы ЦНС, 11—17 – коррекция движения и продолжение двигательного акта в новом цикле сенсорного контроля-управления.

Можно видеть, что двигательный акт, согласно этой схеме, развивается в следующей принципиальной последовательности:

– вначале формируется образ действия-движения в программирующих отделах ЦНС (1—2). Это фаза, связанная с возникновением и (или) последовательным уточнением двигательных представлений, играющих кардинально важную роль как в самом начале обучения, так и в дальнейшем, вплоть до выработки установки на исполнение упражнения в соревнованиях. Сформировавшиеся двигательные представления являются по сути, своего рода, программой двигательного действия;

– при наличии сформированной программы, психологической установки и должной функциональной готовности на конкретное исполнение двигательного действия, в управляющих отделах ЦНС (3) генерируется командный, эфферентный сигнал или – сигнал прямой связи. Это фактическое начало непосредственного двигательного акта (4);

– эфферентный импульс вызывает возбуждение мышечного аппарата (5), дающего некоторый первичный эффект (6) в виде усилия, движения и т.п.;

– результат физической работы, полученный в этом цикле действий, подлежит рецепции (7), т.е. оценке сенсорными системами, функционально соответствующими полученному движению;

– информация о результатах рецепции поступает в виде афферентного сигнала или сигнала обратной связи (8) в аппараты сравнения ЦНС (9);

– в аппаратах сравнения происходят анализ и синтез полученной информации на предмет соответствия программно-го движения фактически полученному результату. Если последний соответствует ранее заданной программе, исполнение упражнения может быть продолжено (10). При рассогласовании того и другого (что весьма типично для обучения) программа экстренно корректируется (11);

– в дальнейшем генерируется вторичный эфферентный импульс (12—13), также поступающий в эффекторы (14) и дающий некоторый новый результат (15), подвергающийся очередной рецепции (16, 17).

Описанный циклический процесс повторяется до тех пор, пока сохраняется потребность и возможность исполнения управляемого произвольного двигательного действия.

Сенсорные коррекции. Таким образом, можно убедиться, что процесс управления носит кольцеобразный характер и строится на основе обратной связи, получаемой от сенсорных систем. Перестройки, которые благодаря этому могут вноситься в движение, носят наименование сенсорных коррекций, без которых никакое произвольное движение не может быть управляемым¹⁵.

Интересно отметить, что в приведенной схеме управления двигательным актом как бы в снятом виде отражается весь процесс освоения спортивного упражнения, включающий в себя создание и совершенствование необходимых двигательных представлений, углубленное разучивание движения с его последовательной коррекцией и совершенствованием, а также методы и средства такой работы.

3.3.2. Скорость управления движениями (СУД)

Быстрота циркуляции нервных импульсов в системе управления действием-движением конечна. Как известно, меньше всего нужно времени на простые двигательные реакции, не требующие выбора, а также реакции, относящиеся

¹⁵ Напомним об известном эксперименте с т. н. «ишемической деафферентацией», при которой на бедро испытуемого накладывается резиновый жгут, лишаяющий конечность нормального кровообращения и, соответственно этому, должной чувствительности, а значит – и условий для обратной афферентации. После этого легко убедиться, что никакое координируемое движение, например, стопой, не удастся. Простейшая бытовая аналогия этому опыту – «отсиженная» нога.

к наиболее освоенным, автоматизированным двигательным действиям. Более сложные реакции, в особенности, связанные с разучиванием новых движений, требуют большего времени.

Так, есть данные (А. В. Овсянников, 1975), согласно которым время обратной афферентации, в данном случае, время, необходимое для оценки качества выполненного движения с учетом потребностей его возможной коррекции, при обучении гимнастическим упражнениям достигает 0,3 с, что, в сущности, очень много, если иметь в виду исполнение быстротечных движений (см. ниже).

С другой стороны, длительность двигательных действий и фаз движений, требующих оперативного управления (иначе говоря – их быстрота), весьма различны. Это означает, что спортивные упражнения, в зависимости от скорости включенных в них действий, в разной степени доступны для управления на основе сенсорных коррекций. В целом управляемость движения определяется отношением скорости анализа/синтеза сенсорной информации к скорости действия-движения; чем выше первая и ниже вторая, тем более управляемо данное движение, тем более оно доступно для коррекции в процессе обучения и исполнения. Таким образом, эффективная СУД – величина относительная.

Управляемость движений. Рассмотрим четыре условных категории спортивных упражнений, различающихся

по названным выше параметрам.

Импульсные движения имеют время исполнения, соизмеримое с временем обратной афферентации или еще меньшее. Данные упражнения практически не доступны для оперативной коррекции. Таково, например, большинство мощных отталкиваний в легкой атлетике, гимнастике, акробатике или ударных действий. Длительность всех таких действий измеряется, максимум, двумя десятками долями секунды, но как правило, бывает еще меньше. Например, типичное время отталкивания в акробатических, опорных гимнастических или легкоатлетических прыжках обычно не превышает 0,12 с. Даже при высшей степени мастерства спортсмен, успевший осознать неполадки в подобном движении, практически лишен возможности внести в него какую-либо коррекцию в механически эффективной форме. Тем более это относится к импульсным действиям типа прыжков, когда немедленно после выполненного действия спортсмен в принципе лишается возможностей взаимодействия с опорой или снарядом. Предельная модель этой ситуации – выстрел, когда исправить ошибку можно только в следующей попытке. Этими свойствами импульсных действий объясняются трудности в их совершенствовании, когда грубые формы движения могут осваиваться достаточно быстро и просто, а высокий уровень мастерства достигается очень длительной, кропотливой работой, а порой не достигается вовсе. Быстрые движения выполняются в интервале времени

не более 0,4—0,5 с. Это время близко к критическому значению обратной афферентации и при попытке действий типа сложной реакции от спортсмена требуются предельная быстрота и точность. Типичны в этом смысле действия голкиперов после опасного удара по воротам; теннисистов, идущих на прием короткой передачи; боксеров, реагирующих на удары противника; гимнастического тренера, бросающегося на помощь ученику, сорвавшемуся с перекладины, и т. п. Однако, даже при самой блестящей реакции исполнителя вероятность успеха в данной ситуации невелика и в значительной степени зависит от удачи, так как, сумев вовремя среагировать на сам факт атаки, спортсмен не успевает достаточно полно «расшифровать» внезапно полученную сенсорную информацию и принять единственно верное решение.

Умеренно – быстрые движения. К этой категории могут быть отнесены многие спортивные движения, в том числе целостные упражнения, длительность исполнения которых измеряется временем до 1,5—2 с. По ходу исполнения таких упражнений в них могут достаточно успешно вноситься спорадические коррекции. Эффективность и развернутость коррекционного управления такими движениями может быть различной в зависимости от их структурной сложности, необходимого темпа координированных двигательных действий, подготовленности спортсмена, его функционального состояния, и наконец, совершенства методов

и средств обучения.

Так, при исполнении сальто из виса на перекладине или кольцах опорный период оказывается достаточно длительным, чтобы опытный гимнаст, отметив аномалии в исполнении начальной стадии упражнения, мог бы еще до перехода в безопорное положение до известной степени скорректировать движение и избежать ошибки. То же относится и к полетной части таких движений (время порядка 1,10—1,15 с), в которой могут выполняться действия вариативного характера. Типичны «подстроечные» действия у гимнастов, акробатов, когда ошибки опорной стадии движения хотя бы частично компенсируются в полете за счет техники группирования и т. д. Характерны также примеры экстренной перестройки программы движения, связанные с тактикой борьбы, особенно в игровых видах спорта и единоборствах. В контексте обучения умеренно-быстрые движения – наиболее благодарный материал для освоения и совершенствования. Именно на такие упражнения, прежде всего, ориентирован основной массив методов и приемов учебно-тренировочной работы.

Медленные движения, длительность исполнения которых существенно больше, чем время обратной афферентации (от 2 с и более), наиболее управляемы и в наибольшей степени доступны для оперативной коррекции, если этому благоприятствуют чисто технические условия (контакт с опорой и др.). К этой категории могут быть отнесены многие упраж-

нения, например, силового, «жимового» характера, упражнения на равновесие, выразительные движения типа небыстрой сложно координированной пластики и др.

Средства повышения управляемости движений. Относительность СУД обуславливает особенности методики повышения управляемости движений. Стремясь помочь спортсмену наладить по ходу обучения систему управления двигательным действием следует, по возможности, оперировать как самим упражнением, так и средствами управления. Опишем в этой связи некоторые наиболее характерные направления, приемы и средства работы. Выделим, прежде всего, средства обобщенного воздействия, направленные на повышение функциональных возможностей спортсмена.

Совершенствование скоростных и сенсомоторных качеств спортсмена – один из наиболее кардинальных путей к успешному освоению любых спортивных упражнений, особенно связанных с быстрым движением. Как известно, скоростные качества спортсмена (здесь – скорость двигательной реакции) определяются рядом признаков, включая латентное время реакции, скорость одиночного неотягощенного движения, частоту повторных движений. Все эти качества могут совершенствоваться и подлежат специальной тренировке в формах, наиболее адекватных данному виду движений.

Не менее важна специальная тренировка сенсомотор-

ных качеств спортсмена – реакций антиципации, способностей ориентироваться в пространстве и др. Совершенствование соответствующих двигательных возможностей – важнейший раздел подготовки во многих видах спорта. Достаточно вспомнить тренировку футбольного вратаря, которого «обстреливают» сразу десятком мячей; тренаж боксера, отрабатывающего уходы в работе с грушей; батутную «обкрутку», широко используемую во многих видах спорта гимнастического ряда. Подобные приемы и средства специальной тренировки двигательной реакции в принципе известны с древних времен на примерах исторически сложившейся подготовки в восточных единоборствах. Все это имеет не только техническое значение, но и крайне важно, как средство тренировки разнообразных психомоторных реакций, средство повышения подвижности нервных процессов, связанных с контролем собственных двигательных действий и управлением ими.

Расширение технического арсенала спортсмена – важнейший фактор повышения эффективности, точности двигательных действий при быстрых движениях. Чем больше выбор уже освоенных спортсменом технических приемов, которыми он владеет на уровне навыка и может без промедления использовать в форме реакции на виртуальную двигательную ситуацию, тем выше вероятность успешных действий при обучении. При этом, чем выше (до уровня оптимума) уровень автоматизации соответствующих двигательных

действий, тем более высоким может быть эффект их применения. Таким образом, в данном случае речь идет о мастерстве спортсмена, которое предполагает не только высокий уровень технической подготовки на всех ее этапах, но и возможно больший спортивный опыт. Богатый технический арсенал зрелого спортсмена вообще способен в определенной степени компенсировать недостаток скоростных, реактивных качеств, которыми может обладать более молодой, но неопытный спортсмен.

Совершенствование двигательных представлений – также один из путей повышения эффективности управления ДД. Наиболее важная форма двигательных представлений в этом случае – идеомоторика, способность спортсмена вызывать в своем воображении образ предстоящего движения, детально воспроизводимый в сознании на как можно более обширном модальном «поле», т.е. в виде не только визуальных образов, но и в форме темпоритма, структуры мышечных напряжений и др. ощущений, сопровождающих исполнение именно этого упражнения.

Отметим теперь наиболее характерные методические приемы, позволяющие повысить эффективность управления двигательными действиями в конкретных условиях.

Замедление движения – хорошо известный прием обучения, позволяющий резко повысить СУД. Этот подход широко используется в различных замедленных имитациях движений, в так называемых «проводках», т.е. императивных

формах направляющей помощи по всему движению, осуществляемой с помощью тренера или с применением специальных тренажеров. Предельная форма замедления, применяемая с целью осознания спортсменом действий в ключевых моментах упражнения и усвоения необходимых дифференцировок – фиксация рабочего положения тела.

Пример из области искусства. Знаменитый польский пианист Карел Таузиг (1841—1871) после каждого своего концерта, не уходя из пустого уже зала – медленно проигрывал всю программу еще раз, обращая особое внимание на неточности, допущенные, как ему казалось, в концерте.

Однако, прием замедления позволяет воспроизводить лишь отдельные координационные, кинематические параметры движения, практически не затрагивая его реальной динамики. Не работает этот прием и применительно к двигательным действиям, требующим предельно быстрой реакции, т.е. именно того компонента действий, который и является предметом освоения.

Наиболее благоприятная сфера применения замедления – умеренно-быстрые упражнения. В этом случае целесообразно применение гаммы постепенно и последовательно нарастающих по скорости упражнений, при исполнении которых спортсмен может, не теряя информации, переносить двигательные представления и элементы навыка, усвоенные при замедленном движении, на все более быстрые его формы, вплоть до желаемой.

Пространственная регламентация движения. Как отмечалось, импульсные и быстрые движения труднодоступны или практически не доступны для оперативной коррекции. Поэтому такие движения, подобные выстрелу, требуют тщательного «прицеливания». Для этого используются хорошо известные из методической литературы визуальные ориентиры, механические регуляторы (в роли тактильных ориентиров) и т. п. средства.

Примеры их использования многочисленны: футболисты, отрабатывающие прицельный удар по воротам, бьют по зональным разметкам (попасть в «шестерку», в «девятку»), аналогичными приемами пользуются волейболисты, теннисисты и др. В художественной гимнастике юные спортсменки применяют пространственные ограничители, заранее обозначающие заданную высоту броска предмета и пределы допустимых горизонтальных смещений. Разучивание некоторых прыжков в акробатике производится в зауженном коридоре, обозначенном вертикально стоящими матами; прикосновение к матам, возникающее при отклонении от заданного направления движения, играет в этом случае роль тактильного сигнала об ошибке.

Еще чаще используются «точечные» визуальные, звуковые и тактильные ориентиры, позволяющие спортсмену заранее настроиться на выполнение ключевого движения, регламентированного по высоте, направлению, амплитуде, силовым акцентам. Отметим, что все такие приемы организа-

ции движений носят прелиминарный, упреждающий характер. Еще до начала движения они организуют пространство вокруг спортсмена, беря его «в тиски» разрешенных отклонений от нормы. Таким образом, приемы этого рода вновь теснейшим образом связаны с двигательными представлениями спортсмена.

Временная регламентация движения апеллирует, прежде всего, к темпоритму движения и, таким образом, тесно связана с организацией целостной структуры движения. При исполнении упражнений, требующих точной координации в условиях быстроедействия, ритмолидирование (включая и показатели темпа движения) является одним из важных средств содействия управлению ДД. Близким к этому по смыслу средством организации управления ДД является музыкальное сопровождение движений.

3.3.3. Средства внешнего управления движениями

Описанное выше кольцевое управление движением на основе сенсорных коррекций осуществляется самим спортсменом и, таким образом, строится во «внутреннем контуре» системы управления движением. Однако, на начальных этапах обучения, когда двигательные представления только формируются, спортсмен даже в первом приближении не располагает сколько-нибудь эффективной системой управления двигательным действием. В этом случае ее отсутствие может быть компенсировано помощью извне. Здесь

«внутренний контур» управления дублируется «внешним контуром» (рис. 3.16).

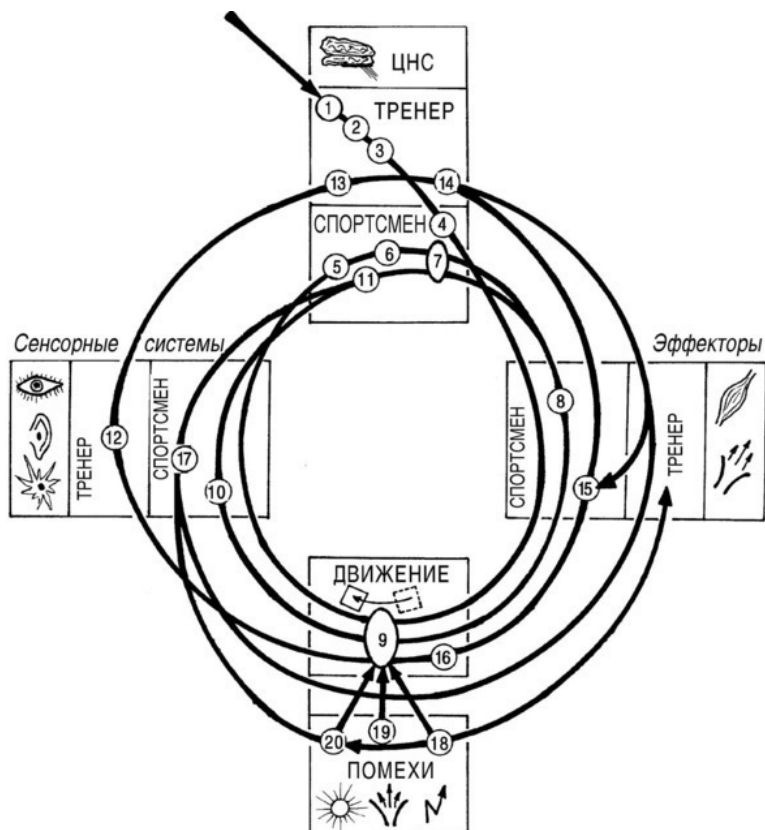


Рис. 3.16. Исполнение упражнения с использованием внешнего контура управления.

В частности, тренер, контролирующий действия ученика, может брать на себя определенную часть функций управления движением. При этом действия тренера, отслеживающего движения спортсмена, подчиняются принципам той же кольцевой схемы управления, и если разучивается движение, быстро разворачивающееся во времени, то реактивные возможности тренера не всегда могут быть достаточными для оказания своевременного воздействия.

Наиболее ярко это проявляется в случаях, когда взаимодействие ученика и тренера носит не опосредованный, дистантный характер (указания, сигналы различного типа), а непосредственно контактный, физический характер, как это бывает, например, при освоении многих гимнастических упражнений. Помогая в исполнении хорошо знакомого упражнения своему ученику, тренер действует наиболее эффективно, уверенно предугадывая при этом действия спортсмена и вовремя реагируя на возможные, тем более ожидаемые, ошибки.

Однако, в менее благоприятных условиях реакции тренера могут запаздывать или быть неадекватными, подобно действиям вратаря, «не угадавшего» направление удара. Иначе говоря, в этой ситуации скорость и точность управления собственными действиями у тренера оказывается недостаточной, а, следовательно, неадекватными остаются и действия его ученика.

Как можно преодолеть эти затруднения?

Многообещающи в этом отношении возможности технических средств обучения (ТСО). Современные ТСО, использующие возможности автоматизированного управления движением, могут, в принципе, давать практически моментальную реакцию на действия спортсмена, существенно опережая тренера по скорости воздействия.

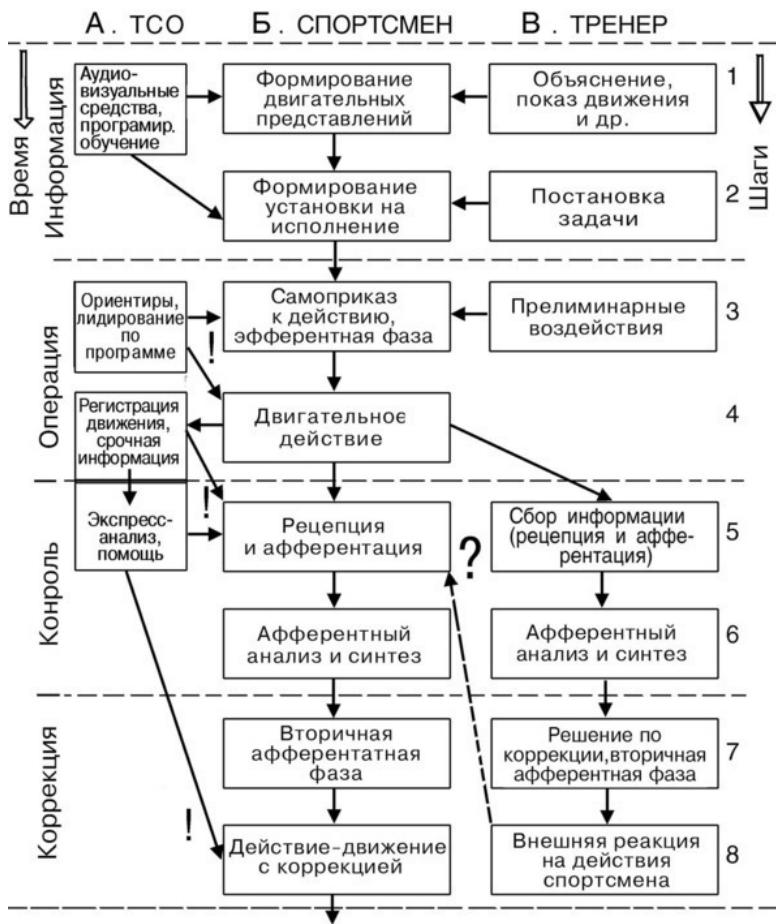


Рис. 3.17. Схема соотношения во времени действий спортсмена, тренера и ТСО.

На рис. 3.17 изображена схема, отражающая соотношение во времени отдельных фаз обучения и двигательных действий, осуществляемых при участии спортсмена (*Б*), тренера (*В*) и, по возможности, с использованием ТСО (*А*).

В качестве критерия деления на фазы действия в данном случае использована формула управления, применяемая в программированном обучении. Это – информационная, операционная, контрольная и коррекционная фазы. Анализируя построение, можно видеть, что при взаимодействии тренера и ученика первые (*информационные*) шаги (1—2) не создают принципиальных проблем управления процессом обучения. Далее, при начале быстрого движения успех могут иметь прелиминарные (*упреждающие*) приемы, которые инспирируют начало действия (3). В дальнейшем, если тренер не использовал непрерывного физического контроля движений ученика, а действовал лишь в ответ на их внезапные нарушения, он в большей или меньшей степени, но неизбежно, опаздывает со своей реакцией (8), которая могла быть эффективной только в случае, если бы успевала попасть в фазу афферентации ученика и стать для него информацией, нормально циркулирующей во внутреннем контуре управления (5). Однако при быстрых действиях это практически маловероятно.

Совершенно иначе помощь, исходящая из внешнего контура управления, могла бы выглядеть при использовании автоматизированных ТСО, способных, в пределах заданной

программы, анализировать и соответственно корректировать движение практически моментально.

3.4. ДВИГАТЕЛЬНАЯ ОШИБКА

3.4.1. Понятие «двигательной ошибки»

Обучение гимнастическому упражнению – конструктивный процесс, всегда связанный с поиском наилучшего решения двигательных задач, последовательно возникающих перед исполнителем в виде установки на все более высокий уровень исполнения движения. Практически неизбежный атрибут такой работы – преодоление затруднений, проблемных ситуаций и, как следствие, ошибок исполнения.

Поскольку гимнастические движения носят программный характер, успешность их выполнения может быть оценена только путем сопоставления реального движения с программой. Вместе с тем далеко не всякое расхождение между программой и выполненным движением может быть квалифицировано как ошибка, так как реальное исполнение упражнения, даже в целом успешное, редко достигает идеала. Таким образом, двигательная ошибка (далее – ДО) – это отклонение движения от заданной программы, влияющее на его спортивную оценку и требующее, в связи с этим коррекции в процессе обучения.

3.4.2. Значимость двигательной ошибки

Не всякое отклонение от нормы может расцениваться как ошибка. Следует различать разные степени и формы несоответствия между «идеальным» программным движением и реальным исполнением. Выделяются несколько видов таких отклонений, различные по значимости и свойствам. На рис. 3.18 они показаны в виде символических траекторий, в той или иной форме и степени, отклоняющихся от идеала.

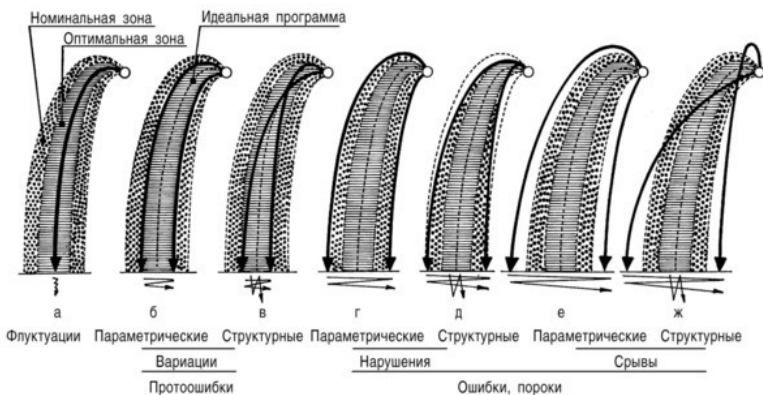


Рис. 3.18. Значимость ошибки.

Флуктуации (*a*) – произвольные, случайные колебания параметров движения в непосредственной близости от нормы. Флуктуации неизбежно имеют место даже при «идеально» стабилизированном навыке и управляемы как есте-

ственное рассеяние при стрельбе. Они всегда пренебрежимо малы по величине, не дают повода для коррекционной работы в обучении и не рассматриваются как ошибка.

Вариации (β , ν) – несущественные отклонения движения от идеальной программы, практически не влияющие на оценку качества исполнения упражнения. Однако наиболее заметные структурные вариации («протоошибки») могут давать повод для дополнительной работы, направленной на повышение стабильности навыка или его коррекцию.

Нарушения (z , δ) – существенные отклонения от программного движения, при которых номинал упражнения сохраняется, но ошибки исполнения караются суждением.

Срывы (e , κ) – наиболее грубая форма несоответствия реального и программного движения, при котором исполнение упражнения не может быть засчитано.

В зависимости от степени сформированности, автоматизированности двигательных действий, все формы изменения движения (не считая флуктуаций) могут носить как изменчивый, так и фиксированный характер. Ошибки, не зафиксированные в форме навыка, являются нормальным предметом работы, тогда как «заученные» ошибки, автоматизировано повторяющиеся в составе навыка, представляют собой проблему, наиболее трудную для разрешения в обучении.

3.4.3. Причинно-следственные связи в структуре двигательной ошибки

Двигательная ошибка всегда порождается некоторым первичными факторами, порождающими, в свою очередь, целый ряд сдвигов, производных от первичного нарушения. Ошибочное движение, доступное для наблюдателя, представляет собой лишь окончание целого каскада причинно-следственных изменений, завершающихся отклонением от нормы, которые караются при судействе.

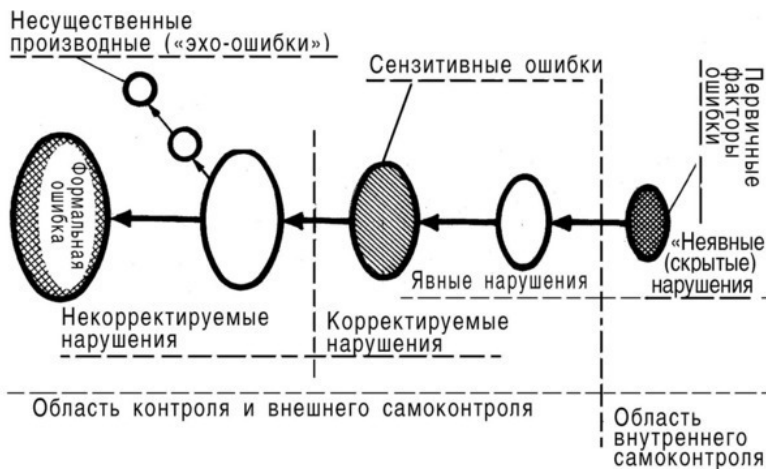


Рис. 3.19. Причинно-следственная структура двигательной ошибки.

Но это – формальная ошибка, попытки прямой коррекции которой, лишены смысла, так как истинная причина нарушения всегда восходит к самому началу причинно-следственной цепочки двигательных действий и носит психологический, ментальный характер, оставаясь скрытой для наблюдения и анализа. По этой причине, с практической точки зрения, наиболее важны срединные ступени причинно-следственного каскада нарушений, которые уже стали явными и еще восприимчивы для коррекции («сенситивные ошибки»). Иначе говоря, тренер и гимнаст имеют возможность корректировать ошибку не раньше, чем она станет доступной для наблюдения и анализа, но не позднее т.н. «основной стадии действий», от которой зависит возможность исполнения программы движения. Наиболее показательны в этом отношении упражнения типа прыжков, перелетов, соскоков: коррекция ошибочного движения в них возможна лишь в опорных стадиях движения, предшествующих полетной, результирующей части упражнения.

Часть третья

ДВИГАТЕЛЬНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ГИМНАСТА

Глава 4. ОТТАЛКИВАНИЕ И ПРИЗЕМЛЕНИЕ

4.1. ОТТАЛКИВАНИЕ

С энергетической точки зрения гимнастические движения очень разнообразны. Так, безопорные перемещения и вращения представляют собой инерционные движения, предполагающие использование почти исключительно ранее полученной энергии. В движениях типа махов, оборотов, кругов, связок прыжков и просто при беге спортсмен также пользуется инерционным движением, но при этом осуществляет и дополнительную энергподпитку для восполнения диссипативных энергопотерь в системе.

Но наиболее радикальными в энергетическом смысле являются движения, выполняемые благодаря собственным действиям спортсмена. Таковы, прежде всего, упражнения,

основанные на действиях типа отталкивания.

4.1.1. Принципиальный механизм отталкивания

Отталкивание, выполняемое в системе «тело спортсмена – опора», представляет собой биомеханически весьма сложное двигательное действие, технические детали которого могут быть чрезвычайно сложными и разнообразными. Однако в центре любого отталкивания имеется динамическое ядро-инвариант, совершенно одинаковое по смыслу и структуре независимо от сложности и техники движения в целом.

Двухфазная модель отталкивания. Динамическое ядро, то есть принципиальный механизм отталкивания, взятый, например, в простейшей форме типа прыжка вверх «с места», можно рассмотреть на модели, представляющей отталкивание как взаимодействие между опорой и системой, состоящей из двух полумасс, соединенных силовым элементом, «пружиной» (рис. 4.1).

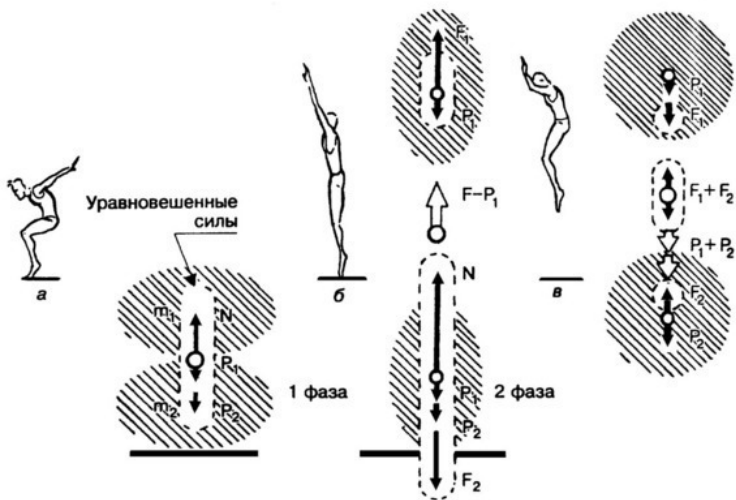


Рис. 4.1. Принципиальная модель отталкивания.

Взаимодействие происходит при участии трех решающих сил: силы тяжести P (приложенной как к полумассам, так и к ОЦМ системы, а через нее – к опоре), активной силы F , возникающей при изменениях взаимного положения звеньев и, соответственно, масс системы (т.е. при силовом изменении позы тела спортсмена), и силы опорной реакции N , возникающей при активном контакте с опорой.

Данная модель примитивна, но позволяет, тем не менее, проследить принципиальную структуру, на которой базируется любое отталкивание, что чрезвычайно важно для обучения. Если не иметь в виду различные действия, которые

в реальном движении предшествуют собственно отталкиванию или следуют непосредственно за ним, то всякое отталкивание, взятое в виде его динамического ядра, можно представить, как характерную двухфазную структуру.

Первая фаза, в энергетическом смысле – решающая. включая в активную, форсированную работу мышечный аппарат, спортсмен расталкивает массы тела в противоположные стороны. При этом сила F , действующая на звенья, прилежащие к опоре, уравнивается опорной реакцией N , а периферические звенья получают движение в сторону от опоры. По ходу фазы – соответственно мощности движения – нарастает давление на опору, добавляющееся к весу тела спортсмена¹⁶. Возникающая при этом деформация опоры, в том числе упругая (см. ниже), порождает соответствующую опорную реакцию, играющую кардинальную роль силы, без которой принципиально невозможно активное изменение физического состояния тела в целом.

Вторая фаза отталкивания – результирующая. Меняя направленность усилий на противоположную, т.е., стремясь сблизить «маховые» и «опорные» звенья-массы, спортсмен перераспределяет в системе ранее полученные импульсы. Технически эти действия выглядят как достаточно акцентированное «торможение» свободных, наиболее быстро двигавшихся звеньев, в результате чего потерянная ими энер-

¹⁶ При наиболее активных действиях на опоре (отталкивания ногами с разбега сила воздействия на опору может на порядок превосходить вес тела гимнаста.

гия, в силу реактивного взаимодействия, передается смежным, в том числе приопорным, звеньям. Следствием этого является падение давления на опору вплоть до полной потери контакта с нею, если все действия были достаточно активными.

Реальная структура и соответствующая ей техника отталкиваний в целом и в деталях гораздо сложнее описанной схемы. Однако, ее осмысление в процессе практической работы и умение выделять ее двухфазный инвариант в любом двигательном действии этого типа чрезвычайно важны для формирования правильных представлений спортсмена и выбора наиболее эффективных приемов работы над упражнением. В частности, важно уметь вычленять структурное «ядро» отталкивания в тех спортивных упражнениях, которые, на поверхностный взгляд, относятся к иным биомеханическим категориям движений. Например, так называемые «маховые» упражнения, в том числе, и в особенности – в гимнастике, очень часто включают в себя в качестве неотъемлемого структурного компонента все те же действия отталкивания.

На рис. 4.2 вновь показан т. н. подъем разгибом на брусьях (из упора на руках согнувшись), движение, которое традиционно относится к разряду «маховых» упражнений на том основании, что решающее действие, дающее возможность гимнасту поднять свое тело плечами вверх-вперед и выйти в упор, внешне представляет собой мах ногами в направле-

нии предстоящего подъема.

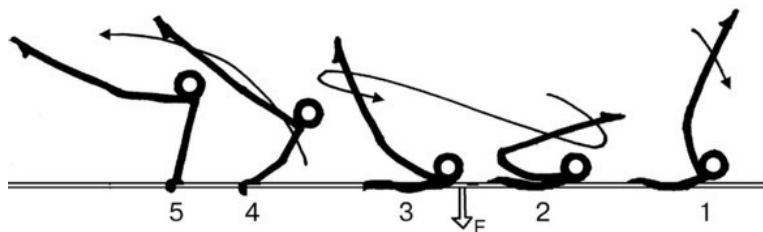


Рис. 4.2. Подъем разгибом на брусьях как отталкивание.

Между тем, механизм этого движения представляет собой несомненное отталкивание, выполняемое плечами от жердей. После подготовительных действий в виде акцентированного сгибания в тазобедренных суставах (к.к. 1—2) гимнаст тут же разгибается, «бросая» ноги вперед-вверх. Это разгибание структурировано точно так же, как типовое отталкивание и строится по описанной выше двухфазной схеме. При этом в первой фазе разгибания (к.к. 2—3) гимнаст действует ускоренно, нажимая при этом сильнее обычного плечами на жерди, а во второй (к.к. 3—4) усилием на сгибание в тазобедренных суставах «притормаживает» ноги, передавая тем самым кинетическую энергию смежным звеньям — туловищу и рукам. В результате становится возможным подъем всем телом с его вращением вперед вокруг оси, проходящей через точки хвата за жерди (к.к. 3—5).

Такого рода отталкивания чрезвычайно важны для исполнения большой категории спортивных движений, в том числе, например, упражнений, в которых резко меняется направление переместительного или вращательного движения.

4.1.2. Техника отталкивания

Эффективность отталкивания зависит от целого ряда факторов. Можно обладать превосходными двигательными качествами, но не умея ими рационально распоряжаться, т.е., не владея техникой отталкивания, показывать посредственный результат в упражнениях, базирующихся на этом действии. Рассмотрим ряд наиболее важных факторов, определяющих эффективность отталкиваний в гимнастических упражнениях.

Тонус и предварительное натяжение мышц. Это одно из важнейших биомеханических условий эффективного выполнения любого отталкивания. Как было показано в главе 3, наивысшие силовые и скоростно-силовые показатели мышца обнаруживает только в том случае, когда она оптимально подготовлена к работе. Это означает выполнение двух кардинальных требований: прежде чем мышцы-синергисты, занятые в данном случае, должны будут выполнять свое основное действие – выталкивание тела спортсмена от опоры, они должны быть оптимально напряжены и наилучшим образом (по скорости и амплитуде) натянуты.

При отталкиваниях ногами эти требования обычно выполняются благодаря подготовительным действиям типа быстрого, неглубокого «темпового» подседания, если прыжок выполняется из статического положения, или посредством наскока также с ограниченным по амплитуде подседанием в фазе амортизации, если это прыжок в движении. При отталкиваниях руками решающую роль играют силовые и «рессорные» свойства мышечно-связочного аппарата не столько рук, сколько пояса верхних конечностей (движения лопатки вверх-вниз, ее отведение-приведение к позвоночнику) и туловища (его сгибание-разгибание). Во всех случаях действия в фазе амортизации носят жестко-упругий характер, предполагающий рекуперацию энергии с ее возвратом в виде отскока с ускорением масс тела спортсмена. При этом требование предварительного натяжения мышц относится не только к опорным звеньям тела, но и ко всему двигательному аппарату. Это означает, в частности, что переход в исходное положение для исполнения собственно отталкивания (с «замахом» свободными звеньями, соответствующим изменением позы и т.д.) также должен соответствовать требованиям оптимального предварительного напряжения и натяжения мышц.

Все сказанное определяет важнейшие требования к технике подготовительных действий к отталкиваниям с предварительным натяжением мышц в фазе амортизации. Главные из них:

- активная осанка с предельно возможным вытяжением тела (выпрямленное, оттянутое тело, постановка ног «с носка», удержание рук в приподнятом положении, прежде чем они будут переводиться в положение «замаха» и т.п.);
- высокий тонус всего мышечного аппарата, особенно опорных звеньев, на которые при отталкивании падает наибольшая физическая нагрузка (упруго-жесткий контакт с опорой, увеличение напряжения мышц по мере вхождения в фазу амортизации и др.);
- ограничение амплитуды суставных движений при амортизации с сохранением оптимальных суставных углов, обеспечивающих максимально возможную силу выталкивания;
- мгновенный переход от подседания с натяжением мышц к решающей фазе отталкивания с их сокращением – во избежание потери эффекта рекуперации.

Взаимодействие с опорой. Трение. Действия типа отталкивания подразумевают полноценную связь с опорой и ее соответствующие механические свойства.

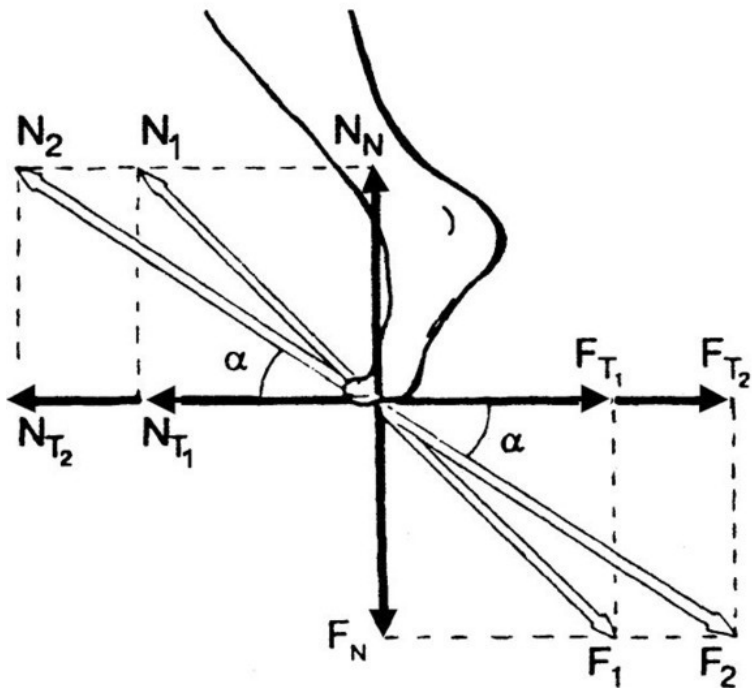


Рис. 4.3. Приопорные взаимодействия при отталкивании.

При наиболее простых выталкиваниях (рис. 4.3) опорная реакция N , вызванная активными действиями спортсмена F , направлена перпендикулярно к опоре, и прыгун получает необходимую связь с ней, как бы испытывая опору на прочность (ср. с поведением опоры при упругом отталкивании). При отталкивании под углом к поверхности опоры и актив-

ная сила F , и «отвечающая» ей реакция N имеют вертикальную и горизонтальную составляющие, последняя из которых в обычном случае есть не что иное как сила поверхностного сцепления с опорой – сила трения.

Взаимодействие приопорных и периферических звеньев. В спортивном обиходе технические представления об отталкивании нередко сводятся к сопоставлению работы непосредственно опорных звеньев и т.н. «маховых», наиболее свободных звеньев отрывтой биокинематической цепи (рук при отталкивании ногами, голени/стопы при отталкивании из вися и т.п.), которой в данном случае является тело гимнаста.

Между тем, надо понимать, что с биомеханической точки зрения, «маховая работа» при отталкиваниях включает в себя не только движение легкими периферическими звеньями, но и вообще представляет собой генерализованное движение всех масс тела, располагающихся дистально, в более подвижной части тела, отделенной его ОЦГ.

На рис. 4.1 этой «маховой» половиной тела является верхняя его полумасса, включающая в себя (при отталкивании ногами) всю верхнюю часть туловища с головой и руки.

Эффективность маховых действий при отталкивании обуславливается рядом факторов.

Первый из них – ускорение свободных звеньев при их

маховом движении. Чем большее ускорение приобретают в 1-й фазе отталкивания свободные звенья тела спортсмена, тем больше, в силу реактивного взаимодействия в кинематической цепи, давление на опору, и тем эффективнее, при прочих равных условиях, физически мощнее все отталкивание. При этом эффективность махового движения зависит не только от физических возможностей исполнителя, но и от техники движения.

Так, иногда выгоднее выполнять мах не прямыми руками или ногой (что может быть непосильно, хотя, в принципе, желательно), а с их взвешенным сгибанием, так как в этом случае, действуя на уровне реальных физических возможностей исполнителя, можно достичь большего ускорения движущихся масс тела и, следовательно, более высокой их энергии.

Второй фактор, связанный с первым – оптимальная амплитуда махового движения. При прочих равных условиях, наибольший энергетический эффект даст маховое движение свободными звеньями, выполняемое лишь до того момента, пока звено продолжает наращивать скорость и, соответственно, кинетическую энергию. Например, высокий, но замедленный взмах руками при акробатическом сальто сопровождается потерей мощности (конкретно – высоты вылета и скорости «крутки»).

Третий фактор, также связанный с предыдущими – масса звеньев, вовлекаемая в маховое движение. Очевидно, что

чем бóльшие массы тела участвуют в ускоренном движении, тем, при прочих равных условиях, мощнее отталкивание.

Так, при отходе на акробатическое сальто быстрый мах вверх-назад совершают не только руки прыгуна, но и массивные верхние отделы туловища вместе с головой¹⁷. При этом движение еще активнее, если действия в тазобедренных суставах выполняются синхронно с однонаправленными действиями в суставах позвоночника (см. ниже). При т. н. «бросковых» движениях в гимнастике мах выполняется не только за счет действий в тазобедренных, но и плечевых суставах, благодаря чему в активное маховое движение сразу вовлекаются не только ноги, но и туловище.

Четвертый фактор – интенсивность, «резкость» торможения маховых звеньев, т. е., мощность действий второй фазы отталкивания. Даже при самом активном начале отталкивания последующие вялые действия не дают должного эффекта и приводят к бесполезному рассеянию ранее полученной кинетической энергии, переходящей в тепловую форму. Иными словами, мощность действий в обеих фазах отталкивания должна быть соразмерной, в противном случае механизм отталкивания «не срабатывает».

Пятый фактор – направление вращения маховых звеньев. Поскольку маховая работа периферическими звеньями, как

¹⁷ Одним из приемов обучения акробатическому сальто с места является его исполнение с легкими гантелями в руках. Это помогает спортсмену не только лучше понять важность махового движения руками, но и, как правило, заметно улучшает качество прыжка.

и любое суставное движение, всегда носит вращательный характер, она не может не влиять на вращательные характеристики движения тела спортсмена в целом. Поэтому, в тех случаях, когда программа движения предполагает получение активного вращения всем телом, немаловажно как именно при отталкивании действуют маховые звенья спортсмена.

На рис. 4.4 даны в сравнении характерные случаи с различными сочетаниями направления вращения свободными звеньями и последующего движения всем телом при отталкивании.

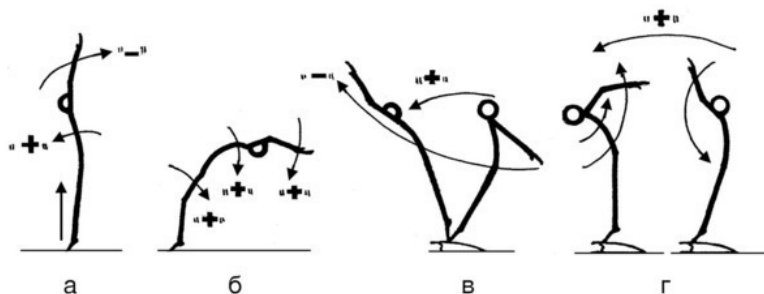


Рис. 4.4. Направление вращения маховых звеньев при отталкивании

Уже первый случай «а» в этом смысле не так прост, как может показаться. Выполняя обычный, без вращения (для тела в целом) прыжок со взмахом рук вперед-вверх (то есть с их вращением назад), исполнитель вынужден едва замет-

ным, как правило неосознаваемым, сгибанием тела («втягивая» грудь, отводя таз назад) компенсировать вызываемый таким махом рук «отвал» назад, с тем чтобы получить в итоге правильное поступательное движение вверх.

Второй случай «б» – акробатический переворот назад – предполагает вполне естественное и биомеханически рациональное сочетание одноименного вращения и перемещения всего тела. В этом случае маховая работа свободными звеньями содействует вращению всего тела акробата, причем в полном цикле переворота такое отталкивание выполняется дважды – вначале ногами (с махом руками) и затем руками (с маховой, «курбетной» работой ногами). Принципиально так же строятся и движения, в которых маховыми звеньями являются не только руки, но и свободная нога («маховые» акробатические сальто и т.п.).

Третий случай «в» также кажется вполне естественным по структуре маховых действий. Это, например, прыжок с мостика в опорных прыжках, когда тело в целом вращается вперед. Между тем вращение маховых звеньев и тела в целом в этом случае – разноименное, т.к. руки, двигаясь в сагиттальной плоскости и вращаясь в данном случае назад¹⁸, на этот раз не содействуют основному вращению тела вперед, а ограничивают его.

Для исполнения обычных прыжков эта деталь несущественна. Например, акробатическое сальто вперед можно де-

¹⁸ Не следует путать вращение с перемещением.

лать, на выбор, по-разному, включая «задний темп» (рис. 4.5). Но если бы возникла задача освоить сальто вперед в первой полетой фазе опорного прыжка, то такая техника маха руками была бы единственно приемлемой.

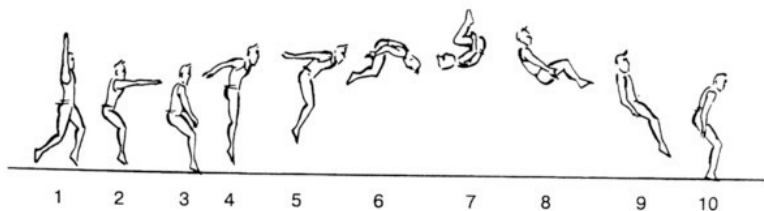
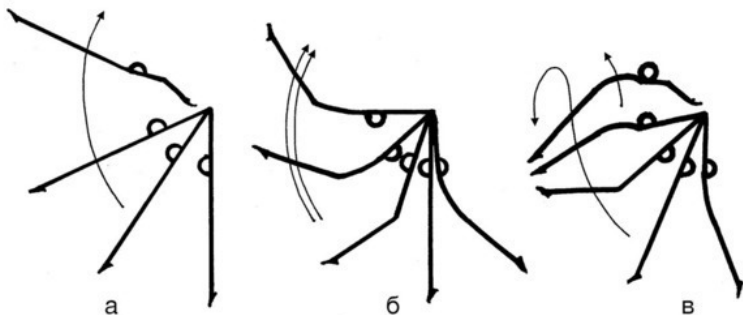


Рис. 4.5. Сальто вперед махом рук назад.

Описанные случаи построения маховой работы свободными звеньями при отталкивании носят как бы подстроечный характер, внося оттенки в технику движения, но не определяя его принципиальной программы. Однако существуют формы спортивных движений, в которых направление и мощность вращательного движения свободными звеньями дают более радикальный результат вплоть до принципиального формирования программы вращения.

На рис. 4.6 три сравнительные ситуации перехода в полет махом вперед из вися на продольной опоре. К моменту перехода в безопорное положение тело гимнаста имеет определенную скорость вращения назад и при пассивной работе (без изменения позы в момент ухода от снаряда, «а») может

сохранить ее в неизменном виде в полете («смокрут»).



4.6. Движения маховыми звеньями как фактор программного движения.

Но результат движения может быть иным, если переход в полет на фоне ранее полученного движения будет сопровождаться еще и активным отталкиванием, а значит и маховой работой дистальных звеньев, роль которых в данном случае играют ноги гимнаста. Если они, опережая другие звенья, вращаются в исходном направлении («бросок» свободным звеном по ходу основного движения), то тело в целом получает дополнительный кинетический момент (*б*).

Возможна, однако, и обратная схема действий, при которой маховые звенья при переходе в полет совершают более или менее быстрое вращательное движение, направленное против начального вращения (*в*).

Результат такой работы будет, соответственно, совершен-

но иным: в зависимости от интенсивности и технической эффективности таких «контрдействий» они могут не только ослабить или полностью нейтрализовать начальное вращение, но даже изменить его на противоположное. Так делается во многих гимнастических упражнениях, образующих целый характерный класс движений, например, прыжки и соскоки «летом», соскоки и подъемы дугой, соскоки и подъемы махом вперед, «перелет Ткачева» и т. п. (см. 11.3.2).

Синхронизация действий. Одним из важных координационных аспектов техники отталкивания является согласованность действий в суставах. При установке на высокую мощность движения, чисто с физической точки зрения, выгодно (несмотря на некоторые биомеханические особенности работы двусуставных мышц нижних конечностей) стремиться к возможно более одновременному, в идеале – синхронному включению в работу всех мышечных групп, обслуживающих при отталкивании звенья биокинематической цепи. В этом случае все элементы масс тела немедленно вовлекаются в движение (тем более быстрое, чем дальше звено располагается от опоры), а ОЦМ получает в итоге наибольшее ускорение и, как следствие, скорость по итогам всего отталкивания (рис. 4.7, а).

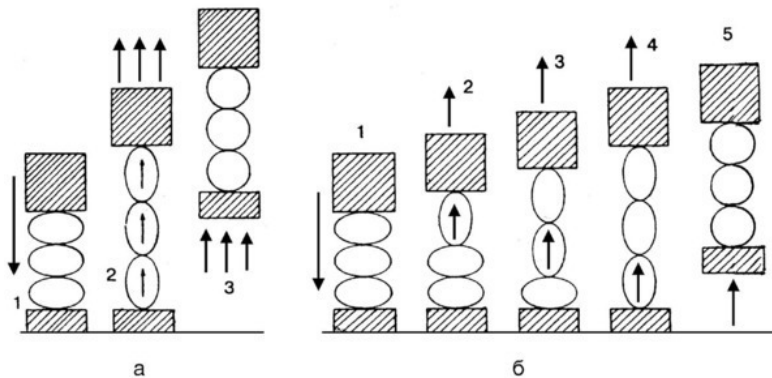


Рис. 4.7. Синхронизация действий в суставах при отталкивании.

Вместе с тем, синхронная работа в суставах резко повышает нагрузки на мышечный аппарат исполнителя (особенно в приопорных звеньях) и, соответственно, требования к скоростно-силовой подготовке. Поэтому при совершенствовании прыжков (как и вообще отталкиваний, в том числе руками) требуется настойчивая работа как над скоростно-силовыми возможностями спортсмена (без чего невозможно справиться с повышенными нагрузками, падающими на двигательный аппарат), так и над самим навыком синхронного отталкивания, предъявляющим высокие требования к координации действий. Последнее объясняет, почему иногда спортсмены с превосходными скоростно-силовыми данны-

ми плохо прыгают, и наоборот – почему некоторым исполнителям с относительно скромными физическими показателями удаются отличные прыжки.

Антитезой синхронному отталкиванию являются действия с последовательным, волнообразным вовлечением цепи в работу, начинающимся с маховых звеньев («б»). Такое распределение действий во времени при прочих равных условиях всегда снижает мощность отталкивания, давая меньшие максимальные усилия на опоре и большую длительность действия. Но при этом оно предъявляет соответственно меньшие требования к физической подготовке спортсмена и степени его мобилизации в процессе исполнения упражнения.

Однонаправленные синхронные действия в суставах – максимальная модель отталкивания, к которой следует стремиться, но которая не всегда доступна ввиду ее трудности. Простейшим бытовым примером этого может служить вставание со стула: больной, старый человек не в состоянии быстро встать и выпрямиться сразу во всех суставах, как это может сделать, например, солдат, «вскакивающий» при появлении командира (а). Пожилой человек будет действовать не только более медленно, но и последовательно (б), снижая тем самым мощность действия и делая его для себя более доступным (рис. 4.8).

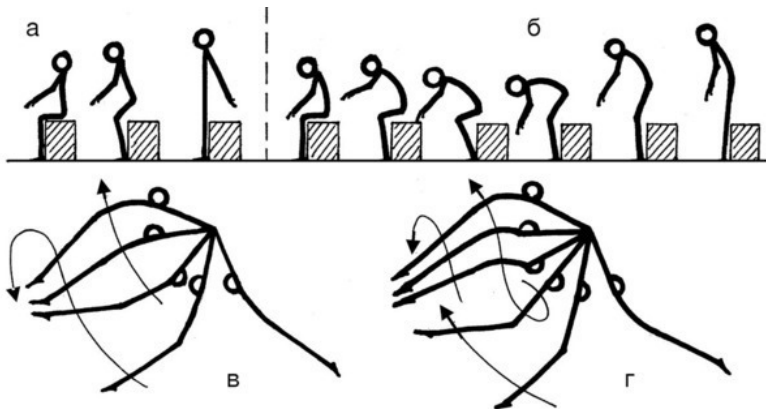


Рис. 4.8. Изменение мощности и трудности действий при отталкивании.

В определенных ситуациях и спортсмен вынужден пользоваться техникой, дающей меньшую мощность движения, но открывающей, благодаря этому, возможность исполнения упражнения.

Так, гимнаст, выполняющий соскок сильным махом вперед на перекладине (рис. 4.8) должен в решающей фазе упражнения, перед переходом в полет, выполнить резкое прогибание тела с отталкиванием руками от опоры, позволяющим форсировано изменить направление вращательного движения всего тела. Чем мощнее эти действия, тем выше класс исполнения движения. Поэтому идеальной здесь была бы именно синхронная работа ногами, туловищем и рука-

ми (в). Однако, такая техническая схема создает наибольшие нагрузки на относительно слабые мышцы плечевого пояса, которые часто с такой работой не справляются.

В этом случае требованиям исполнения упражнения в большей степени отвечает «мягкий», рациональный технический вариант действий (г), при котором прогибание тела выполняется естественным, в данном случае, волнообразным движением от ног к рукам, завершающим действия отталкивания. В дальнейшем, в процессе совершенствования, спортсмен может постепенно «подтягивать» технику к более «жесткому», синхронному варианту исполнения.

Генерализация действий. Требование возможной синхронизации действий при отталкивании тесно связано с другой кардинальной технической особенностью действий этого типа – масштабом вовлечения в работу ОДА спортсмена.

Важно учитывать, что любое технически верно выстроенное отталкивание должно представлять собой действие, в исполнении которого принимает участие весь двигательный аппарат спортсмена. Глубоко ошибочно примитивно представление, будто «отталкивание» ногами или руками это действие только самими указанными конечностями тела.

При обучении и совершенствовании отталкиваний важно помнить, что решающий динамический фактор этого движения, в основном определяющий его успех, а именно – ударно нарастающее давление на опору – находится в прямой за-

висимости от работы всего двигательного аппарата спортсмена. При этом ускоренное маховое движение звеньев, удаленных от опоры, является вовсе не вспомогательным действием, якобы «просто повышающим» эффективность всего движения, а неотъемлемым техническим компонентом этого движения. Без указанного технического компонента в принципе нельзя развить усилие на опоре, так как махи в отталкиваниях – это вовсе не только быстрые движения легкими периферическими звеньями – руками и (или) свободной ногой при опоре ногами (ногой), но и ускоренное движение массивными звеньями в сторону от опоры, в первую очередь, верхним отделом туловища.

Завершенность выталкивания. Одно из важнейших технических требований к отталкиванию – его выполнение до полного выпрямления тела. К моменту перехода тела в безопорное положение тело спортсмена должно быть предельно растянуто в направлении выпрыгивания (рис. 4.9, а).

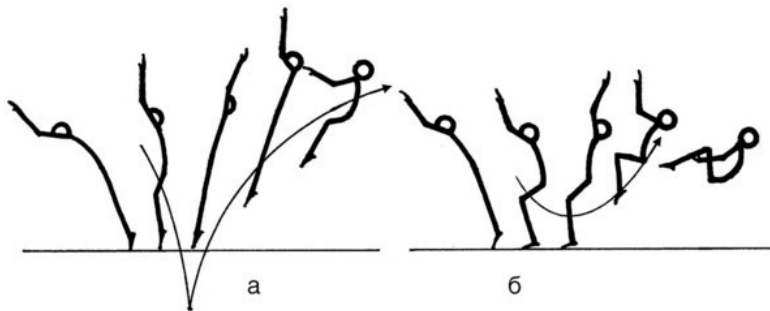


Рис. 4.9. Завершенность выталкивания.

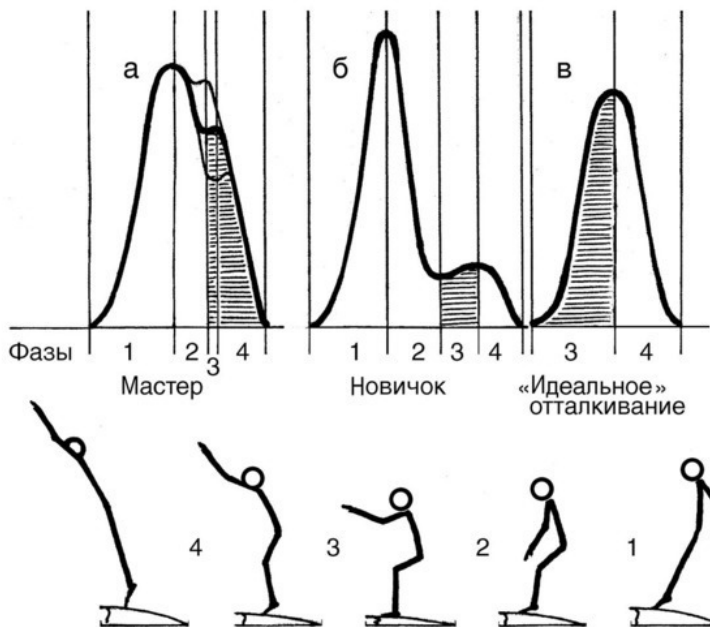
Типичная грубая ошибка при этом, характерная для новичков, делающих, например, сальто – поспешное снятие ног с опоры («чтобы побыстрее сгруппироваться»). Это всегда приводит к резкому снижению всех параметров прыжка – и в высоте полета и во вращении (б).

Динамические фазы нормального отталкивания. Отталкивание от жесткой опоры скоротечно, его длительность 0,1—0,2 с. Вместе с тем, этот «миг» наполнен сложным динамическим содержанием, включающим в себя массу деталей, важных для понимания и самого процесса отталкивания и его техники¹⁹.

На рис. 4.10 три модельные динамограммы отталкивания, разные по качеству, но подчиняющиеся общим структурным

¹⁹ Для того, чтобы веко мигнуло, тоже нужно около одной десятой секунды.

закономерностям. Выделяются несколько характерных фаз этого действия.



4.10. Модельная динамограмма вертикальной составляющей отталкивания.

1—я фаза: резкое наращивание давления на опору при наскоке на нее. Это фаза амортизации, заканчивающаяся напряженным «подседом». Мышцы работают в останавливаю-

щем режиме. Как правило, именно в этой фазе фиксируются пиковые значения усилий, развиваемых на опоре, но следует знать, что они вовсе не являются главными рабочими усилиями, которые определяют эффективность толчка. Ударные значения усилий, достигающиеся в этой фазе, могут быть очень высокими при вполне посредственных итогах всего отталкивания (б).

2—я фаза связана с весьма специфической динамической подстройкой. Происходит продолжение подседания, но мышцы действуют в уступающем режиме с подрасслаблением. Это приводит к некоторому спаду давления на опору и частичному рассеиванию потенциальной энергии, накопленной в мышцах.

Как показывают многочисленные экспериментальные исследования, эта фаза практически неизбежна при мощных отталкиваниях, поскольку позволяет, как бы «сканируя» собственные усилия, выйти на тот уровень реального рабочего напряжения, при котором спортсмен способен справиться с перегрузками, падающими на опорный аппарат, и выполнить решающую часть отталкивания. Чем выше степень физической и технической подготовленности спортсмена, тем меньше эта фаза выражена, что сопровождается сближением пиков на динамограмме (см. варианты кривых на фиг. а). И, напротив, у слабых прыгунов эта фаза гипертрофирована (б).

3—я фаза – решающая. Это собственно выталкивание,

которое и обеспечивает, в конечном итоге, ускорение, получаемое телом при движении от опоры, а, значит, и эффект всего отталкивания, отскока. Она характерна повторным наращиванием усилий на опоре. Достигнув в напряженном подседании оптимального для себя уровня мобилизации мышечного аппарата, спортсмен вновь активно действует на удаление масс тела от опоры, заставляя мышцы работать в преодолевающем режиме.

4—я фаза – результирующая, когда происходит приторможивание ранее ускоренных маховых звеньев тела с передачей импульса в направлении опоры и падением давления на нее.

Описанная «двухпиковая» картина динамограммы присутствует практически во всех мощных спортивных отталкиваниях. Однако в более простых условиях (например, при легких подпрыгиваниях на жестком полу, прыжках в художественной гимнастике и др.) отталкивание имеет практически «однопиковую» структуру, т.е. здесь останавливающие и преодолевающие действия не «расщепляются» промежуточной фазой динамической «подстройки» (*в*). В известном смысле это – идеальное отталкивание, в котором энергия двигательного действия используется наиболее просто и эффективно. К этому идеалу должны стремиться и спортсмены, выполняющие максимально мощные отталкивания с наскока. Однако этого можно достичь в обучении только посредством совершенствования скоростно-силовых и коорди-

национальных возможностей прыгуна.

Заметим, что в описанной структуре с четырьмя фазами действий первые две фазы связаны с возможным наскоком на опору, то есть с т.н. «подготовительными действиями», и только 3-я и 4-я фазы соответствуют базовому двухфазному циклу, описанному выше, как принципиальный инвариант всех отталкиваний.

Упругое отталкивание. Практически все современные спортивные снаряды, предназначенные для отталкивания и подобных действий, обладают свойствами упругости. В целом ряде случаев эти свойства конструктивно предусмотрены. Таковы гимнастические мостики для прыжков, помост для вольных упражнений, акробатическая дорожка, батуты разных типов, трамплин для прыжков в воду, шест для легкоатлетических прыжков и др. В отдельных случаях прыжковые снаряды оснащены устройствами для изменения модуля упругости снаряда в соответствии с индивидуальными масс-геометрическими показателями спортсмена.

Кроме того, в спорте почти все стационарные снаряды обладают более или менее выраженной пластичностью, требующей точного согласования двигательных действий спортсмена с упругими свойствами опоры. От этого существенно, часто решающим образом, зависит эффективность самых важных, прежде всего энергообеспечивающих действий спортсмена. Это относится также к разного рода специаль-

ным, как бы «твердым» покрытиям, которые на самом деле всегда обладают более или менее выраженными упругими свойствами. Таковы современные беговые дорожки, опорные поверхности для отталкивания в легкоатлетических прыжках, пол в залах для спортивных игр, художественной гимнастики и т. д.

В целом, модернизация снарядов и оборудования в направлении увеличения и специализации его упругих свойств, целесообразных с биомеханической точки зрения – одна из ведущих эргономических тенденций в современном спорте. Те же тенденции издавна и, в особенности, на современном этапе отмечаются в отношении конструирования спортивной обуви, которая должна обладать оптимальными (в идеале – индивидуально выверенными) упругими свойствами.

Биомеханика упругого взаимодействия с опорой весьма сложна, и в обучении можно руководствоваться лишь рядом наиболее общих посылок, помогающих избежать грубых ошибок в технике отталкивания от упругой опоры.

На рис. 4.11 схематически показан процесс активного взаимодействия тела спортсмена с упругой опорой при отвесном движении. Выделяется несколько принципиальных фаз такого взаимодействия на модели, построенной по схеме «наскок – отскок».

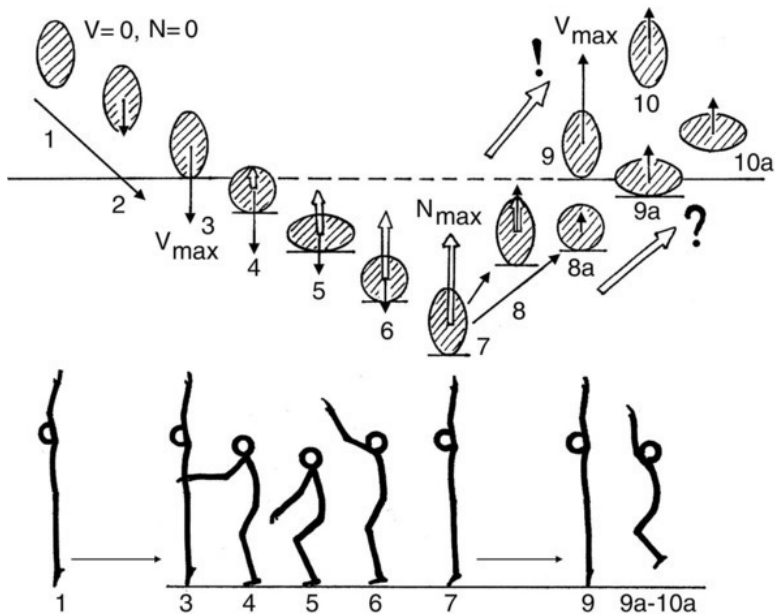


Рис. 4.11. Упругое отталкивание.

Фаза наскока (к.к. 1—3). Выполнив разбег или наскок сверху, спортсмен получает к моменту возникновения контакта со снарядом (к. 3) некоторую кинетическую энергию и встречает опору в активно выпрямленном положении, сохраняя высокий тонус мышечного аппарата.

Фаза амортизации (к.к. 3—5) чрезвычайно важна как фаза подготовительных действий к последующему активному выталкиванию. С началом контакта (к. 3) тело спортсмена

и снаряд, действуя друг на друга, упруго деформируются: прыгун напряженно переходит в положение «подседа», а подвижные элементы снаряда «прожимаются» в направлении исходного движения тела или по нормали к опорной поверхности.

При этом кинетическая энергия тела преобразуется в форму потенциальной энергии упругой деформации, накапливающейся как в снаряде, так и в мышечно-связочном аппарате спортсмена, и в дальнейшем может быть до известной степени возвращена по механизму рекуперации. В фазе амортизации мышцы спортсмена, напрягаясь, натягиваются и развивают максимальные для данного случая усилия при давлении на опору. Это действие имеет самое кардинальное значение в плане подготовки последующих действий. Одновременно меняется поза в расчете на выполнение не только собственно толчковых, но и маховых движений в следующей фазе действий.

Фаза активного выталкивания (к.к. 5—7). Немедленно после напряженного подседа спортсмен начинает мощно выпрямляться, усиливая взаимодействие с опорой и прожимая ее вниз, дополнительно «погружаясь» при этом в опору. Как уже отмечалось, это действие носит генерализованный характер: выпрямляясь всем телом, спортсмен не только действует ногами на опору, но и выполняет ускоренное маховое движение свободными звеньями в направлении от опоры. В итоге активного выталкивания тело спортсмена долж-

но быть, по возможности, предельно выпрямлено, оттянуто от опоры, а натяжение упругих элементов снаряда (к моменту мгновенной остановки движения, *к. 7*) достигает максимума.

Фаза «выбрасывания» (*к.к. 7—9*). К моменту полного (или индивидуально сильного для данного спортсмена) выпрямления тела (*к. 7*) упругий снаряд предельно (в применении к данному случаю) деформирован и максимально «заряжен» потенциальной энергией, которая при «выбрасывании» тела вверх может быть ему возвращена в кинетической форме. Для того, чтобы эта фаза отталкивания прошла без потерь энергии, прыгун должен сохранять предельную «оттяжку» (активное выпрямление, удлинение) тела и эффективный контакт с опорной поверхностью снаряда. В противном случае энергия упругого снаряда в буквальном смысле «уходит в воздух». Типичная грубейшая ошибка этого рода – преждевременное освобождение от опоры (*к.к. 7—8, а – 9, а – 10, а*), связанное с желанием поскорее перейти в полет. В действительности такие действия всегда идут резко в ущерб всем параметрам.

Фаза вылета (*к.к. 9—10*) – результирующая. В норме спортсмен должен начинать ее (*к. 9*) в строго оттянутом, активно выпрямленном положении. Лишь после отделения от опоры (еще лучше – с паузой после этого, *к. 10*) он может менять позу по своему усмотрению, реализуя дальнейшую программу движения и демонстрируя «фигуру полета».

Описанная техника упругого отталкивания – лишь один из ее вариантов, в наибольшей степени характерный для достаточно эластичной опоры (типа большого батута). Он наиболее удобен в обучении как модель для анализа структуры упругого отталкивания. Однако в реальности акценты в «отдаче» упругой опоры и динамике ее активного «прожимания» могут несколько смещаться относительно друг друга, меняя характер отталкивания. Идеален случай, когда фазы колебания упругой опоры, нагруженной весом тела спортсмена, и активного деформирующего воздействия на нее при толчке совпадают по принципу параметрического резонанса (когда акценты пассивного и активного отталкивания совпадают). Это означает, что спортсмен хорошо согласует свои действия с механическими свойствами снаряда и «попадает в отталкивание».

Проще эта задача решается в случаях, когда упругие свойства снаряда могут перестраиваться с учетом индивидуального запроса спортсмена (трамплин для прыжков в воду). Однако в большинстве случаев это пока что невозможно. Поэтому в процессе обучения крайне важно учиться чувствовать упругую опору и, по возможности, подстраиваться к ней с учетом скоростно-силовых, мощностных возможностей исполнителя и рабочей массы его тела. В частности, на наиболее «мягких» опорах типа батута, где период колебания упругой опоры, нагруженной весом тела спортсмена, достаточно велик, время резонансного отталкивания

также должно быть относительно большим. Для отталкиваний от гимнастического мостика, акробатической дорожки, мини-батута оно меньше, а при упругих отталкиваниях от «рейтеровского» помоста в гимнастике еще короче.

Это нередко является причиной интерференции навыков отталкивания при смене опор, обладающих разным модулем упругости. Поэтому отталкивание всегда должно в этих случаях осваиваться и совершенствоваться как базовый навык с выраженными вариативными свойствами. Этот навык весьма ценен даже в тех случаях, когда спортсмен имеет возможность пользоваться снарядом с индивидуально изменяемым модулем упругости.

Вместе с тем на «мощных» упругих опорах типа большого батута возможны отталкивания как бы пассивного типа, когда спортсмен довольствуется, в основном, «извлечением» из снаряда ранее приобретенной потенциальной энергии упругой деформации, добавляя к ней собственной активной работой лишь некоторый минимум, восполняющий диссипацию. Так, прыгуны на батуте, приступая к исполнению прыжковой комбинации, вначале «распрыгиваются», набирая значительную высоту (у мужчин – до 5—6 метров над поверхностью сетки), и после этого выполняют основные прыжки. При этом они уже гораздо меньше используют собственно отталкивание ногами, маховая же работа руками исключается практически полностью.

Главное внимание в этом случае уделяется управлению

ранее полученным движением. В этом случае приход на сетку рассчитывается так, чтобы ее упругая отдача сама по себе задавала телу спортсмена расчетное поступательное или сложное движение с вращением того или иного направления. Однако изъяном такой техники движения часто является постепенное снижение его энергетики, выражающееся в потере высоты прыжков, что и карается в судействе.

Таким образом упругое отталкивание этого типа складывается из фаз наскока (рис. 4.8, к.к.1—3), инерционного прожимания снаряда (к.к. 3—7, но без промежуточного изменения позы), выбрасывания тела спортсмена снарядом (к.к. 7—9) и вылета (к.к. 9—10).

Наконец, прыжки, выполняемые на жесткой опоре (где период упругой деформации опоры на порядки меньше, чем на специальных упругих снарядах), практически не доступны для резонансного режима действий и в этом (но только в этом) смысле координационно проще, так как зависят по преимуществу от скоростно-силовых возможностей исполнителя.

Отталкивание в движении. За краткое время отталкивания меняются не только количественные значения сил, действующих при опоре, но, как правило, меняется и их векторная направленность. Этого не происходит лишь в простых отталкиваниях, направленных перпендикулярно к опоре, тогда как в более сложных ситуациях векторная картина

отталкивания оказывается весьма разнообразной, что не всегда учитывается при обучении движениям.

На рис. 4.12 показаны четыре положения, которые можно рассматривать как отдельные моменты одного отталкивания (например, акробатического переворота назад) с соответствующими векторами опорной реакции и ее составляющими.

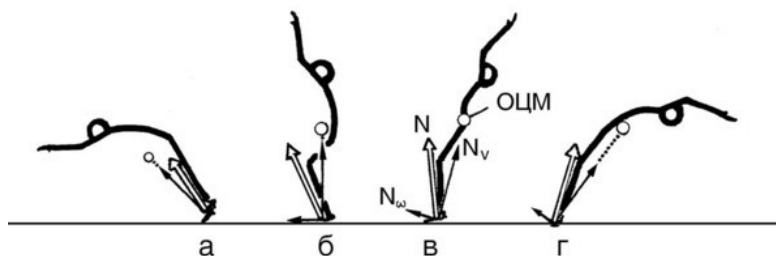


Рис. 4.12. Пофазное изменение векторной картины при отталкивании в движении.

Можно убедиться, что в разных фазах такого отталкивания его конкретный физический эффект совершенно различен. Если в приведенном примере (с переворотом назад) тело с самого начала имело перемещение и вращение назад, то в положении (а) оба этих компонента движения будут «гаситься», хотя именно они и требуются в данном упражнении более всего. Далее, в положении (б), отталкивание со-

действует вращению тела назад, но никак не влияет на перемещение по горизонтали. И лишь позднее, в положениях (v , z) опорная реакция, вызванная активными действиями акробата, будет, наконец, все больше содействовать необходимому в перевороте перемещению и вращению назад.

Весьма показательна тензорная картина такого отталкивания (рис. 4.13), показывающая как меняются в этом случае величина и направление опорной реакции. Это чрезвычайно важно понимать в процессе обучения движениям, так как с этим связан выбор наиболее эффективной техники отталкивания и приемов исправления ошибок.

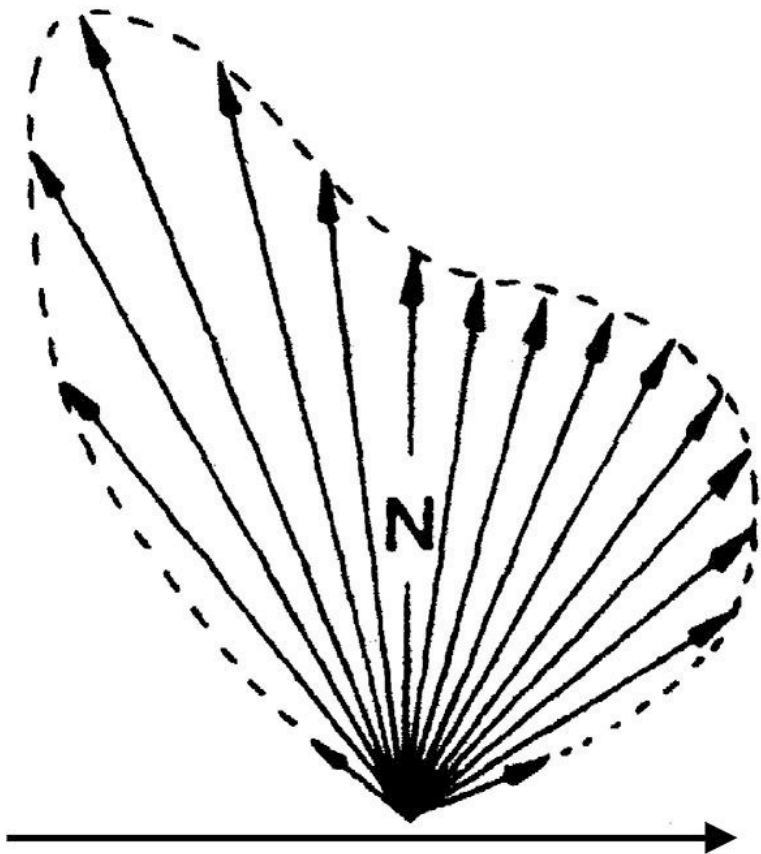


Рис. 4.13. Тензор опорной реакции при отталкивании в движении.

Дополняя разбор ситуаций отталкивания, обратимся еще

раз к рис. 4.9 и представим себе, что каждое из четырех показанных там положений является определяющим при отталкивании в упражнениях определенного типа. Тогда отталкивание, показанное на к.е (а), соответствовало бы сальто вперед с продвижением вперед; положение (б) было бы ключевым для сальто назад «на месте», т.е. с вылетом вверх, но без смещения по горизонтали. Ситуация (к.к в) отвечала бы требованиям исполнения движения типа невысокого быстрого сальто назад с одноименным смещением (типа «темпового»), а последний (к. з) – быстрому низкому движению в переводе назад («фляке»).

Таким образом, «одно и то же» отталкивание, взятое в его разных фазах, содержит в себе «зародыши» совершенно разных движений и может, при определенных условиях, дать сложное (составное) пространственное движение с совершенно разными результатами.

Перемещающий и вращающий эффекты отталкивания. Анализируя векторную картину, характеризующую отталкивание, можно также заметить, что его физический результат определяется соотношением параметров переместительного (с учетом только горизонтального смещения) и вращательного движений. Анализируя характер отталкивания и его возможные эффекты можно также убедиться, что переместительные и вращательные составляющие опорной реакции, связаны обратной зависимостью (рис. 4.14): чем больше

одна из составляющих, тем меньше другая, и наоборот. Это и понятно: переместительная и вращательная составляющие отталкивания не могут выходить за пределы своей геометрической суммы. Поэтому, образно говоря, все нужды отталкивания могут «оплачиваться» только из «бюджета» равнодействующей опорной реакции, и если большая ее часть «тратится», например, на перемещение тела, то его вращение «субсидируется» по остаточному принципу, и наоборот.

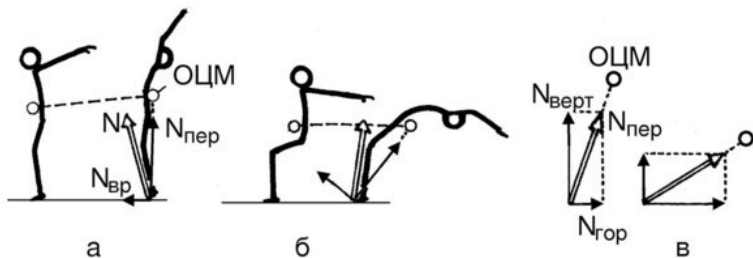


Рис. 4.14. Взаимосвязь составляющих опорной реакции при отталкивании.

Поэтому в относительно высоких прыжках (а) обычно ограничено интенсивное вращение тела, а прыжки с вращательной доминантой (б), напротив, лимитированы в отношении высоты перемещения. То же самое имеет место с соотношением составляющих переместительной компоненты опорной реакции (в). Чем больше, при прочих равных условиях, вертикальная составляющая прыжка (определяющая

его высоту), тем меньше будет горизонтальное смещение тела спортсмена и наоборот.

Из сказанного ясно, что в процессе учебной работы над прыжковыми движениями важно найти наиболее рациональное сочетание параметров движения, когда исключаются технические крайности, и для решения сложной двигательной задачи должно избираться оптимальное решение.

4.2. ПРИЗЕМЛЕНИЕ

Возвращение на опору после безопорного движения – действие, обратное по физическому смыслу отталкиванию: если последнее сообщает телу спортсмена движение, то приземление, напротив, имеет своей целью его упорядоченное преобразование с полным или частичным гашением энергии движения.

4.2.1. Динамические взаимодействия при приземлениях

Характер взаимодействия с опорой, в том числе амортизация при приземлении, зависят как от техники, так и от самой цели движения.

Рассмотрим четыре модели прихода спортсмена на твердую опору после обычного соскока сверху на ноги. Спортсмен может при этом сообщать ему различные физические свойства, отраженные ниже в образных названиях каждой

модели (рис. 4.15).

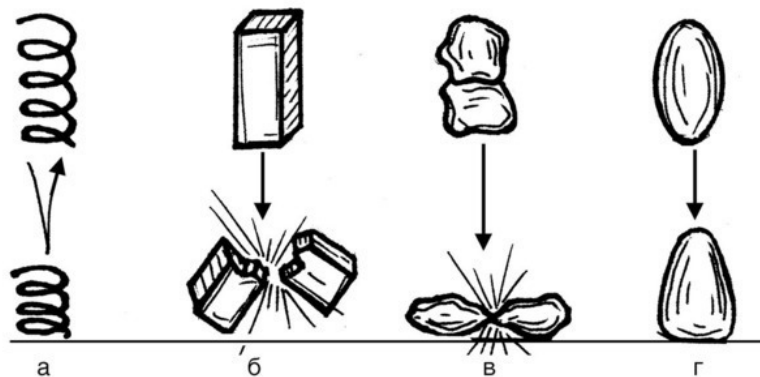


Рис. 4.15. Модели приземления

Модель «пружинного человечка» (а) – случай, когда спортсмен, попадая на опору «с лёта», стремится сохранить упругие свойства опорно-двигательного аппарата. Мышцы спортсмена еще до прихода на опору заблаговременно напряжены, а с началом амортизации его тело, стремясь по инерции двигаться в направлении опоры, упруго «подседает», заставляя мышцы (в основном разгибатели ног и туловища) без снижения тонуса действовать в останавливающем режиме. При такой технике приземления возможна рекуперация энергии, то есть преобразование кинетической энергии безопорного движения в потенциальную энергию упругой деформации и ее возврат в форме нового «пружинного»

отскока, который в данном случае неизбежен.

Движение такого типа идеально для выполнения, например, беговых шагов, многоскоков, серийных акробатических прыжков и т. п. Но оно совершенно непригодно в тех случаях, когда приземление должно закончиться остановкой в «доскок», т.е. не сохранением, а, напротив, полным рассеянием кинетической энергии тела, переходящей в тепловую форму.

Модель «фарфоровой статуэтки» (б). Практически возможен приход на опору с полностью фиксированными суставами, исключаящими амортизационное подседание тела. С физической точки зрения это означает, что все элементы масс тела спортсмена (и ОЦМ) останавливаются одновременно, вызывая очень большое отрицательное ускорение и, как следствие – сильнейший удар, который действует на ноги и вдоль позвоночника, приводя к самым опасным последствиям (б). Для сравнения: технически грамотный «прыжок в глубину», например, с высоты стола, абсолютно безопасен, в то время как приземление с той же высоты, выполненное на пятки и с жестко фиксированными суставами ног и туловища чревато страшными травмами вплоть до перелома позвоночника.

Модель «тряпичной куклы» (в) – приземление, при котором тело спортсмена в момент прихода на опору полно-

стью расслаблено. В этом случае звенья тела стремятся падать как бы автономно, а перегрузки, возникающие при их столкновении с опорой, действуют, прежде всего, на мышечно-связочный аппарат и суставы. Такое приземление не только весьма травмоопасно, но и совершенно неуправляемо.

Модель «пластилиновой фигурки» (2). К моменту приземления тело гимнаста должно сохранять заданную форму, соответствующую равновесной стойке на ногах, и если полет необходимо завершить полной остановкой, то оно, как было показано, не должно быть ни упругим, ни абсолютно жестким, ни слишком податливым. При этом тело должно рассеивать свою энергию не одномоментно, как при опасных ударах, а постепенно «вминаясь» в опору.

Таким образом, в данном случае требуется пластичная модель поведения. Это возможно, если гимнаст будет уметь использовать биомеханические свойства мышечного аппарата. Для этого во время приземления в остановку мышцы должны последовательно, начиная от приопорных звеньев, постепенно подраслабляться, теряя свои упругие свойства, причем темпы подраслабления должны как можно точнее соответствовать скорости инерционного подседания в позе «доскока». Если это требование не выдерживается, тело спортсмена будет вести себя либо как «пружинная» модель (скорость подраслабления отстает от скорости натяжения мышц при подседании), либо как «тряпичная» (темпы рас-

слабления быстрее, чем требуется в данном конкретном случае).

Сказанное означает, что верное приземление в остановку требует овладения тонким двигательным навыком, который нужно тщательно осваивать и совершенствовать, тем более что двигательные действия приземления скоротечны и трудно поддаются осознанному управлению.

Одна из наиболее эффективных форм приземления, в связи с этим – приход на опору из положения с возможно более выпрямленным телом с поднятыми вверх руками и последующим глубоким вязким приседанием (рис. 4.16, *a*). Только в этом случае тормозной путь масс тела и время приземления оказываются достаточно большими, чтобы сделать возвращение на опору мягким, безопасным и лучше управляемым.

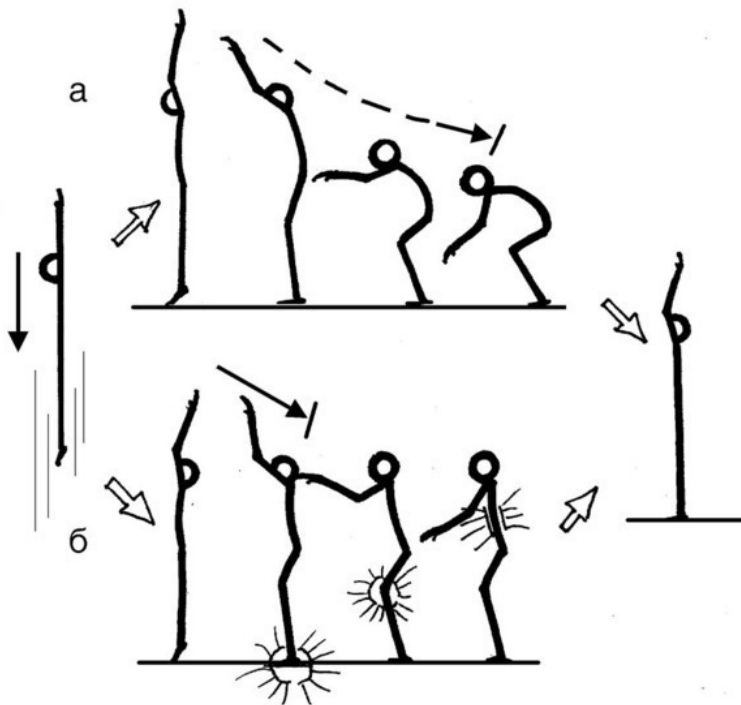


Рис. 4.16. «Мягкое» и «жесткое» приземления.

Всякие попытки быстро и «жестко» погасить движение ради зрелищного эффекта (в гимнастике, акробатике) не только опасно усиливают удар и компрессионное воздействие на опорный аппарат спортсмена, но и резко снижают возможности управления действиями приземления (б). Начинать обучение приземлению в любом случае следует

с освоения глубокого мягкого «подседа» и лишь по мере приобретения мастерства, такое движение может постепенно сменяться более компактными, «сухими» действиями.

4.2.2. Гашение сложного движения при приземлениях

В гимнастике приземление, как правило, выполняется после сложного пространственного движения, т.е. на фоне перемещения ОЦМ тела спортсмена не просто по вертикали, а чаще по криволинейной траектории, с горизонтальным смещением, и обычно при одновременном вращении тела, по меньшей мере, вокруг одной из его центральных осей (табл. 4.1).

Это означает, что приземление в остановку требует одновременного гашения, как минимум, трех компонентов движения тела – вертикального и горизонтального перемещений и вращения. При этом вращение тела может быть не простым, а многоосным, как это бывает, например, при акробатических сальто с поворотами. Здесь полная остановка движения должна достигаться в положении ограниченно-устойчивого равновесия.

Успех таких действий зависит от ряда факторов, главные из которых —точность исполнения упражнения в целом (т.е. принципиальная возможность попадания в нужную стойку по завершении упражнения), режим амортизации при контакте с опорой, своевременность и эффективность корректирующих действий, если они необходимы в приземлении.

Рассмотрим в этой связи особенности приземления в остановку после движения в полете (рис. 4.17).

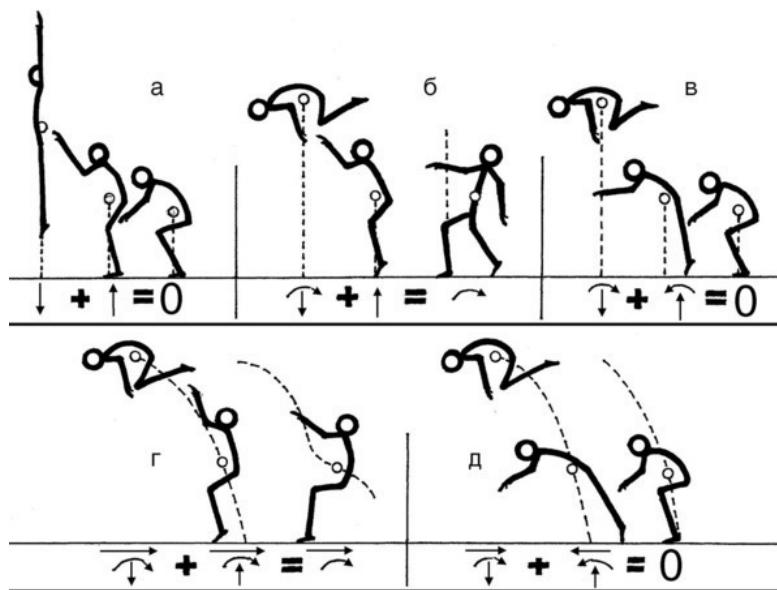


Рис. 4.17. Гашение движения при разных формах приземления.

Как отмечалось, простейший вариант этого рода – приземление после отвесного падения на опору без вращения (а), когда достаточно амортизационных действий на опоре, рассеивающих энергию падения. Более сложный вариант движения – отвесное приземление при наличии вращения

тела. В этом случае приземление должно происходить так, чтобы одновременно с амортизацией гасилась вращательная компонента движения (*б*). Если этого не учитывать и действовать, как в случае (*а*), то спортсмена сбросит в сторону вращения. Предотвратить эту ошибку можно только заблаговременно, если прийти в положение, при котором контакт с опорой (физически подобный отталкиванию) порождает импульс, направленный противоположно тому, что был в полете (*в*).

Еще сложнее ситуация, в которой следует гасить также смещение по горизонтали. Если ему не противопоставить во время приземления соответствующую опорную реакцию, то спортсмена «свалит» при инерционном продолжении движения (*г*). Этот нежелательный эффект должен быть предусмотрен заранее (*д*).

Таким образом, техника приземлений связана с освоением целого ряда более или менее сложных навыков, требующих специального обучения и совершенствования. Тренер и спортсмен должны, в частности, знать, что единой техники правильного приземления (за исключением приемов демпфирования) не существует. Каждый тип сложного пространственного движения требует своих условий приземления, при которых генерируется механический импульс, обратный тому, что имеет тело спортсмена в полете (табл. 4.1).

Аналогичным закономерностям также подчиняются приходы на руки в таких элементах как сальто назад на брусьях

или акробатический полупереворот назад в стойку на кистях (рис. 4.18). В этом случае дохват выполняется в положении, когда прогнутое тело еще не достигло вертикали, и завершающие действия заканчиваются уже на опоре замедленным приходом в вертикальную стойку.

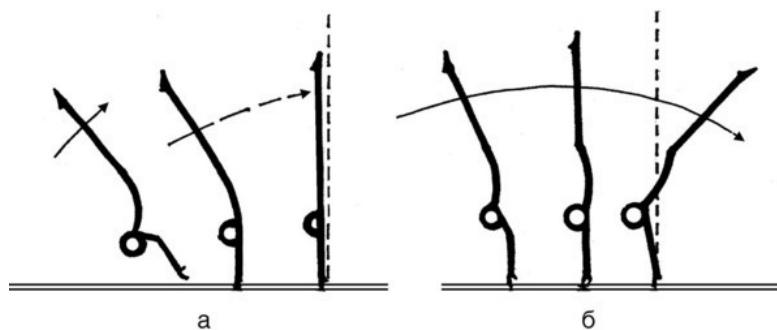


Рис. 4.18. Гашение движения при приходе на руки.

В уже прокомментированной ранее табл. 4.1 отражены основные варианты сочетания вращений-перемещений тела спортсмена в полете и, соответственно, разновидности входа тела спортсмена в приземление.

Рассматривая приведенные в ней случаи, можно прийти к выводу, что освоение и совершенствование приземлений требует дифференцированного обучения девяти разным формам ДД (без учета вариантов вращения вокруг продольной оси). Однако ситуация облегчается сходством некоторых

ситуаций приземления друг с другом.

Базовые формы приземления. В реальности важно, прежде всего, освоение и настойчивое совершенствование трех базовых навыков приземления (рис. 4.19):

– Базовый навык простого демпфирующего приземления без горизонтального смещения и вращения тела в целом (на рис. 4.11, а, в табл. 4.1 – центральный случай «Д»).

– Навык приземления в движениях типа сальто назад с опережающим «стопорящим» выносом ног назад (на рис. 4.19, а, в табл. 4.1 – А, Б, Г).

– Навык приземления в движениях типа сальто вперед с опережающим «стопорящим» выносом ног вперед (на рис. 4.19, б, в табл. 4.1 – Е, З, И).

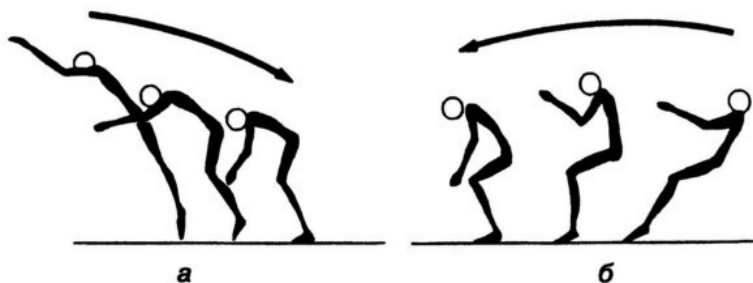


Рис. 4.19. Базовые формы приземлений в сальто назад и вперед с одноименным перемещением и вращением в момент прихода на опору.

Существуют, как уже отмечалось, приземления с разноименным направлением перемещения-вращения тела (в табл. 4.1 – В и Ж). Благодаря этому компоненты полетного движения в момент приземления в той или иной степени взаимно гасят друг друга, и задача приземления сводится к относительно простому демпфированию (как в базовом навыке первого типа). Наиболее характерный пример такого приземления – в форме «ауэрбах» (сальто назад с перекладины или брусьев р.в.).

Таблица 4.1. Разновидности форм движения тела гимнаста к моменту приземления

Характер движения тела		ВРАЩЕНИЕ В ПОЛЕТЕ		
		Назад	Без вращения	Вперед
ПЕРЕМЕЩЕНИЕ В ПОЛЕТЕ	Назад	А Акробатическое сальто назад с разбега	Б Подскок с продвижением назад	В Сальто вперед с трамплина из задней стойки
	Без перемещения	Г Акробатическое сальто назад «на месте»	Д Простой прыжок «на месте»	Е Соскок сальто вперед на кольцах
	Вперед	Ж Сальто типа «ауэрбах»	З Простой прыжок с продвижением вперед	И Акробатическое сальто вперед с разбега

Глава 5. МАХИ И ВРАЩЕНИЯ НА ОПОРЕ

К этой категории упражнений относятся многочисленные гимнастические упражнения типа циклических размахиваний, однонаправленных махов вперед и назад, маховых подъемов и оборотов вокруг опоры и т. п.

5.1. ДИНАМИКА МАХОВ НА ОПОРЕ

Движения, описываемые в данной главе, самая характерная часть упражнений спортивной гимнастики, наиболее определенно отражающая специфику этого вида спорта. По большей части это маховые движения, выполняемые в висах и упорах в переднезадней плоскости. Динамика данных движений в основном связана с действием трех сил – силы тяжести, Кориолисовой и центробежной сил инерции.

5.1.1. Действие силы тяжести

Действие силы тяжести – это фактор, определяющий состояние тела спортсмена в рабочих положениях на опоре и главное – это один из кардинальных механизмов, используемых для исполнения упражнений «махового» гимнастического типа.

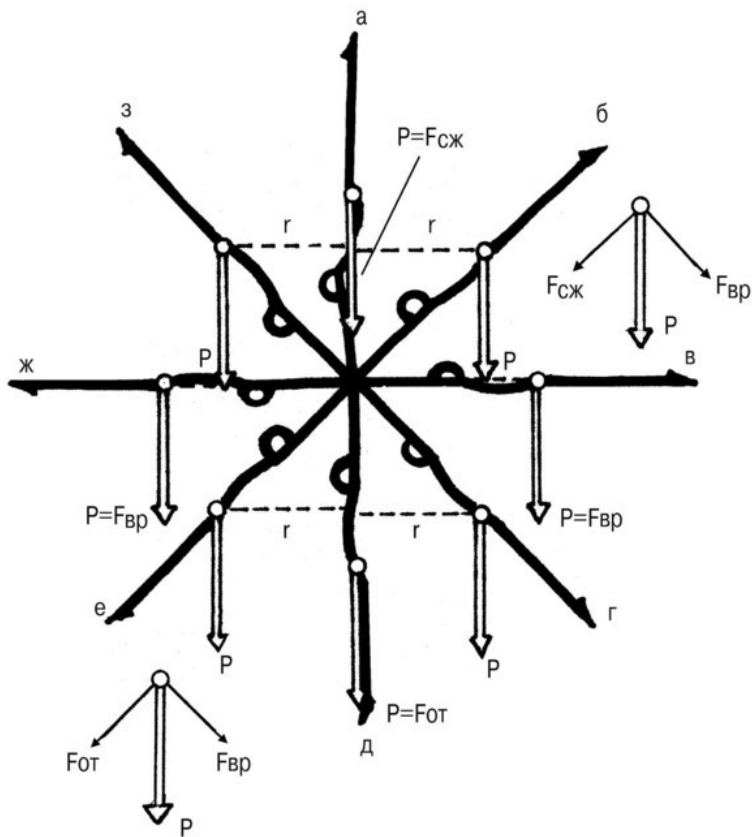


Рис. 5.1. Пофазное действие силы тяжести при движениях типа больших оборотов на перекладине.

Давление на опору. Действие силы тяжести на тело гимнаста наиболее очевидно в ситуациях, когда она уравнове-

шена нормальной опорной реакцией и стремится деформировать тело, воздействуя через него на опору с силой веса. Таковы все положения, при которых проекция силы тяжести проходит через опору, например, в статической или «проходной» стойке на руках, висах и др.

С точки зрения обучения упражнениям соответствующие состояния важны как фазы, требующие четко контролируемой осанки и соответствующего мышечного тонуса. Так, в положениях над опорой (рис. 5.1, *a*) сила тяжести прижимает тело гимнаста к снаряду, и ей необходимо сопротивляться, сохраняя должную техническую осанку в заданном (не обязательно прямом) положении. В чисто висовых положениях (*d*) та же сила «оттягивает» тело от опоры, стремясь привести его к максимально низкому положению, и спортсмен должен научиться рационально использовать этот эффект.

При вращениях вокруг опоры, происходящих с изменением высоты положения ОЦМ тела, действие силы тяжести носит более сложный характер. Составляющие силы тяжести, действующие на вращающееся тело спортсмена, пофазно изменяются. Сжимающее действие силы тяжести $F_{сж}$ от максимальных значений у верхней вертикали (*a*) сходит к минимуму у горизонтали (*a-в*), а затем сменяется возрастающим до максимума оттягивающим действием силы $F_{от}$ у нижней вертикали (*в-d*).

В свою очередь, тангенциальная, вращательная составля-

ющая $F_{вр}$, начинаясь от нулевых значений у вертикали (a), по мере движения тела возрастает до максимума у горизонтали ($a-b$), сообщая телу положительное ускорение, а затем вновь сходит «на нет» ($b-d$). После прохождения ОЦМ тела нижней вертикали (d) оно движется против действия силы тяжести, которая сообщает телу отрицательное ускорение, замедляя подъем и изменяясь по тому же принципу, что и во время спада ($d-e-a$).

Таким образом, при вращении вокруг опоры исполнитель упражнения движется в сложно изменяющемся поле силы тяжести, что непосредственным образом связано с процессом формирования соответствующих двигательных навыков.

Действие момента силы тяжести и управление им.
Целенаправленно меняя на опоре позу и, благодаря этому, плечо силы тяжести P_r (как следствие, ее момент относительно оси вращения), гимнаст получает возможность управлять ее вращающим эффектом. Этот механизм лежит в основе исполнения множества маховых движений в висах и упорах, построенных на вращении вокруг неподвижной опоры.

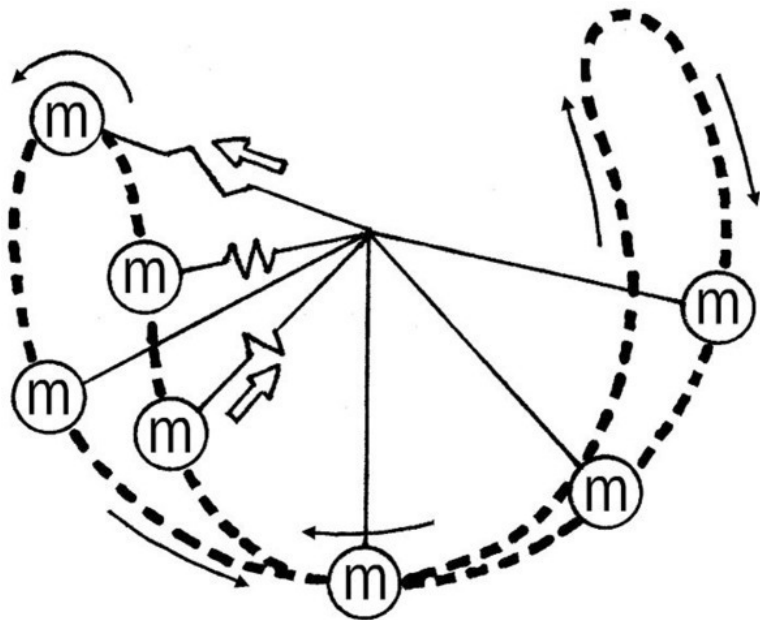


Рис. 5.2. Схема энергетической «подпитки» махов на снаряде.

На рис. 5.2 показана схема действий гимнаста при активных маховых движениях в вися. В начале каждого маха, на спад, спортсмен должен доступным техническим приемом удалять, «оттягивать» массу тела от оси снаряда, а при подъеме, напротив, сближать их с опорой. Чем больше при этом разница в моментах силы тяжести, разгоняющих тело гимнаста при спаде и тормозящих его при подъеме, тем

выше энергоподпитка движения, больше его амплитуда при размахиваниях или общая скорость при оборотах вокруг опоры.

Та же схема действий используется в ситуации, когда активность движения (амплитуда маха, скорость вращения) не изменяется, но ее необходимо поддерживать, восполняя активной работой неизбежные потери энергии на трение. Если действия гимнаста рациональны, то при их повторениях в виде размахиваний, оборотов и т. п. общая энергия в системе может прогрессивно нарастать. Это эффект, известный в механике как параметрический резонанс, простейшей вне-спортивной иллюстрацией которого могут служить раскачивания на качелях²⁰.

Существует и противоположная ситуация, когда перед спортсменом стоит задача ограничить силу маха на опоре. В этом случае действует противоположная схема, при которой на спаде масса тела сближается с опорой, а во время подъема, происходящего по инерции, в нужной мере удаляется от нее. Это приводит к форсированному рассеянию энергии в системе и соответствующему ограничению скорости маха и его амплитуды.

Конкретная техника, которой исполнитель может пользоваться, реализуя описанный выше механизм управления

²⁰ Показательно также сравнение нарастающих по амплитуде махов с прыжками на батуте, высота которых также может увеличиваться при повторениях благодаря параметрическому резонансу.

вращением вокруг опоры, зависит от многочисленных биомеханических особенностей движения и избранного способа исполнения упражнения (см.).

5.1.2. Действие Кориолисовой силы инерции (КСИ)

При активных вращениях вокруг опоры поза спортсмена неизбежно меняется. Это означает, что масса его тела совершает не только вращательное движение вокруг оси снаряда, но и перемещается по радиусу этого вращения, сближаясь с его осью или удаляясь от нее. В этой ситуации появляются т. н. Кориолисовы силы²¹, одна из которых – Кориолисова сила инерции (КСИ) – наиболее интересна в данном случае как фактор, существенно влияющий на движения тела спортсмена, технику упражнений.

На рис. 5.3 показано, в каких условиях возникает и как именно действует КСИ в условиях опоры.

²¹ По имени французского физика Гаспара Кориолиса (1792—1843). Выделяются две силы Кориолиса: т.н. «поворотная» сила и Кориолисова сила инерции, соотношение которых, условно говоря, такое же, как в случае центростремительной силы и центробежной силы инерции.

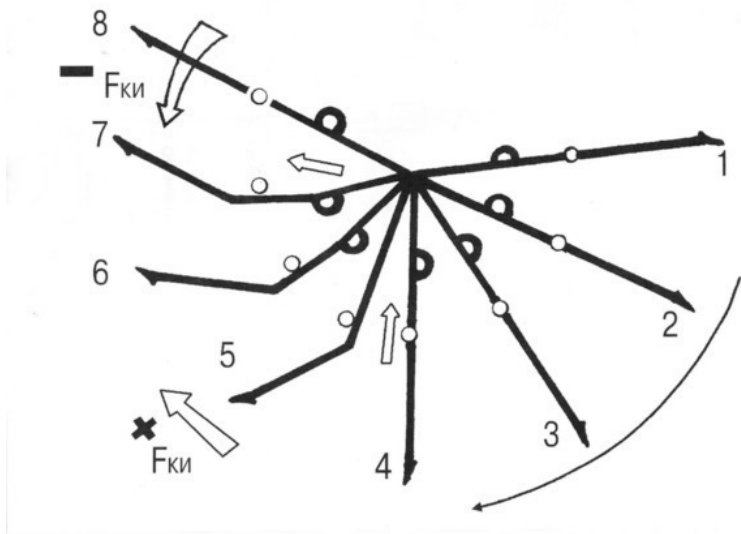


Рис. 5.3. Принцип действия Кориолисовой силы инерции при вращениях на опоре.

В качестве типичного примера взят активный мах в висе на перекладине. В данном случае тело спортсмена вращается вокруг оси снаряда по часовой стрелке. Если при этом поза не изменяется (к.к. 1—4), то КСИ не возникает, так как в этой фазе маха отсутствует перемещение массы тела по радиусу. После прохождения нижней вертикали (к. 4) гимнаст выполняет «бросковое» движение, благодаря которому тело, продолжая вращение, притягивается к опоре, то есть получает некоторую скорость, направленную по радиусу (к.к. 4

—6). Автоматически возникающая при этом КСИ направлена по ходу основного вращения и будет «подталкивать» тело гимнаста, ускоряя его движение вокруг оси снаряда (или поддерживая угловую скорость тела на относительно более высоком уровне, несмотря на ее снижение по абсолютной величине).

Природа этого явления проста: окружная скорость звеньев, удаленных от опоры (здесь – ног), всегда выше, чем у звеньев, приближенных к оси вращения, и, если масса «быстрых» звеньев, перемещается на меньший радиус относительно «медленных» звеньев, они их «подталкивают» в направлении исходного движения. Если же движение по радиусу направлено в противоположную сторону – от опоры, то КСИ дает, соответственно, обратный эффект – «притормаживает» начальное вращение тела. Это показано на рисунке (к.к. 6—8), когда гимнаст, завершая мах вперед, выпрямляется всем телом, «оттягиваясь» в висе.

Действие КСИ прямо пропорционально скоростям вращения тела вокруг опоры и перемещения его масс по радиусу вращения. Обусловленные этим эффекты могут быть весьма ощутимыми даже при незначительных, но быстрых изменениях позы в движении. Это одна из причин, по которой техника мастеров высокого класса отличается как бы внешней экономностью, изяществом, когда, казалось бы, сдержанные действия²² с незначительными изменениями в позе

²² На самом деле, разумеется, такая техника отличается самой высокой мощ-

дают неожиданно высокий эффект.

Важной особенностью КСИ является также то, что она, действуя независимо от силы тяжести, при надлежащих условиях будет проявлять себя в любой фазе движения.

Так гимнаст, выполняющий из упора мах «не касаясь» (рис. 5.4), быстро приближает ОЦМ к оси вращения уже на спаде, вызывая тем самым значительное ускорение вращения тела вокруг грифа несмотря на то, что при этом плечо, на котором действует сила тяжести, уже на спаде начинает уменьшаться.

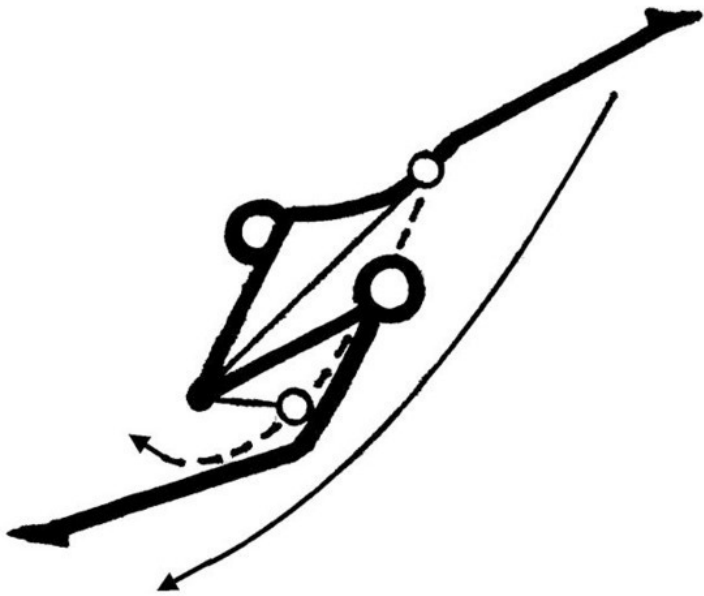


Рис. 5.4. Действие Кориолисовой силы инерции на спаде из упора.

Суммарное действие тангенциальных сил. В упражнениях типа махов, оборотов сила тяжести и КСИ, как вращающие (тангенциальные) силы, действуют совокупно, но независимо друг от друга, часто давая парадоксальные технические эффекты, связанные с вращением тела на опоре. Причем, в зависимости от структуры и скорости движения, наи-

более важную роль может играть либо тот, либо другой динамический фактор, порождая как бы противоречивые требования к технике упражнения.

Так, если спортсмен стремится к увеличению активности движения в обороте на перекладине, то предельная «оттяжка» с выпрямлением тела, вполне естественная при исполнении «спокойного» большого оборота на перекладине (рис. 5.5, *а*), абсолютно противопоказана при быстром прохождении стойки на руках (*б*), так как в первом случае наиболее существенную роль играет механизм управления моментом силы тяжести, а во втором – действие КСИ.

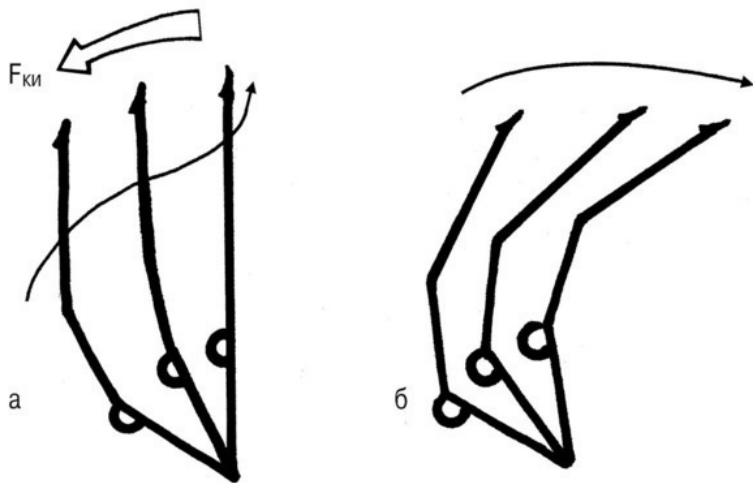


Рис. 5.5. Замедляющее и ускоряющее действие Кориоли-

совой силы инерции в большом обороте.

Таким образом, техника завершающей стадии медленного и быстрого оборотов оказывается принципиально разной.

5.1.3. Действие центробежной силы инерции

Центробежная сила инерции (ЦБС), действующая по радиусу вращения (по нормали), при опорных вращениях типа махов в переднезадней плоскости проявляет себя в виде перегрузок, которые могут достигать значительных величин и поэтому в существенной мере определяют технику движений и требования к физической подготовленности, а, значит – и к методике подготовки.

Как известно, величина ЦБС находится в прямой зависимости от массы движущегося тела m , квадрата скорости движения V и в обратной зависимости от радиуса кривизны траектории ОЦМ тела R :

$$F_{цбс} = m \cdot V^2 / R \quad (2)$$

Практически это означает, что спортсмены, имеющие бóльшую массу тела, испытывают и бóльшие перегрузки, падающие на двигательный аппарат. В известном смысле, они быстрее амортизируются (это одна из причин, по которой легкие гимнасты более работоспособны). Вращательные движения, выполняемые по малым радиусам и, в особенно-

сти, движения с резким уменьшением кривизны траектории ОЦМ тела, сопровождаются, при прочих равных условиях, увеличенными перегрузками, иногда приводящими к срывам со снаряда. Наконец, наиболее важный фактор – скорость движения, от которой перегрузки зависят экспоненциально.

В табл. 5.1 даются в сравнении три условных примера максимальных механических нагрузок, действующих на тело гимнаста при исполнении большого оборота на перекладине (момент прохождения нижней вертикали) и зависящих от массы, длины тела спортсмена (радиуса ОЦМ) и максимальной скорости движения, достигнутой им при вращении вокруг опоры. При медленном обороте, исполняемом «маленьким» и легким гимнастом (пример 1), нагрузки, тем не менее, превышают вес его тела более чем в 4,5 раза. При средних показателях (пример 2) – уже в 5,5 раз, а при максимально быстром обороте в исполнении рослого и относительно тяжелого гимнаста (пример 3) почти в 6,5 раз.

Тип оборота	Вес тела, кг	Длина тела, см	Скорость ОЦТ м/с	Нагрузка P+F $\frac{g}{g}$
1. Медленный	60	165	6	280
2. Нормальный	65	170	7	360
3. Быстрый	70	175	8	450

Таблица 5.1. Модельные нагрузки на ОДА гимнаста при вращениях на опоре.

Однако, приведенные величины перегрузок легко преодолеваются спортсменами при верной технике упражнений и достаточной физической подготовленности.

Суммарное действие нормальных сил, отраженное в максимальных значениях нагрузок (табл. 5.1), может характеризовать физическую напряженность этих движений, но не дает полной динамической картины взаимодействия гимнаста с опорой, сопровождающего исполнение опорных вращений типа махов и оборотов. Между тем, техника этих упражнений существенно зависит от пофазных изменений нормального (т.е. направленного по радиусу) давления на опору.

Напомним, что это давление обязано двум силовым компонентам (рис. 5.6.): силе тяжести (a), прижимающей тело к опоре в верхней половине условного оборота и оттягивающей его от нее во второй, висовой половине движения. Второй компонент – центробежная сила инерции, всегда оттягивающая тело от опоры, но значительно зависящая от скорости движения тела (b).

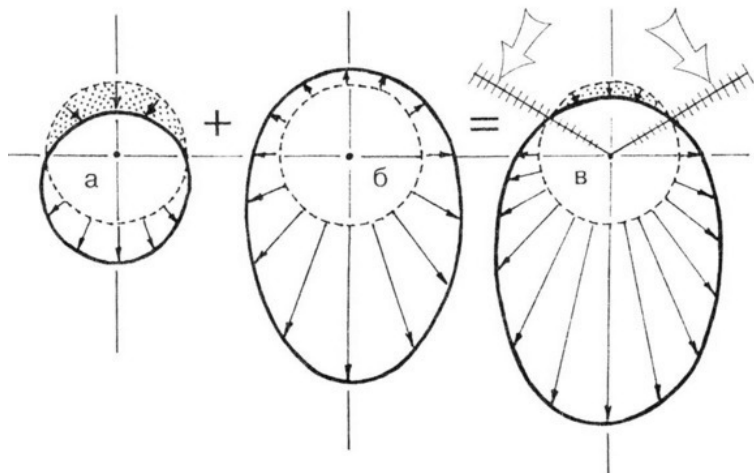


Рис. 5.6. Суммарное давление на опору при исполнении движений типа больших оборотов на перекладине.

Наиболее интересна и практически важна суммарная картина действия двух этих сил (в). Выделяются две неравные зоны такого движения.

В верхней из них, меньшей по охвату, преобладает *сжимающее действие* силы тяжести, требующее от исполнителя активного контроля осанки и «оттяжки» от опоры. В другой зоне, преобладающей, решающую роль играет *оттягивающее действие*. По ходу оборота активность этого оттягивающего действия в широких пределах изменяется – от нуля до максимальных значений (см. табл. 5.1).

Эти изменения характерным образом отражаются в деформации опорных частей снаряда. Меняющееся по величине и направленности давление на опору, показанное на рис. 5.7, а, деформирует гриф снаряда, центр которого описывает в пространстве фигуру, носящую название «улитка Паскаля» или «кардиоида» (т.е. «подобная сердцу», б).

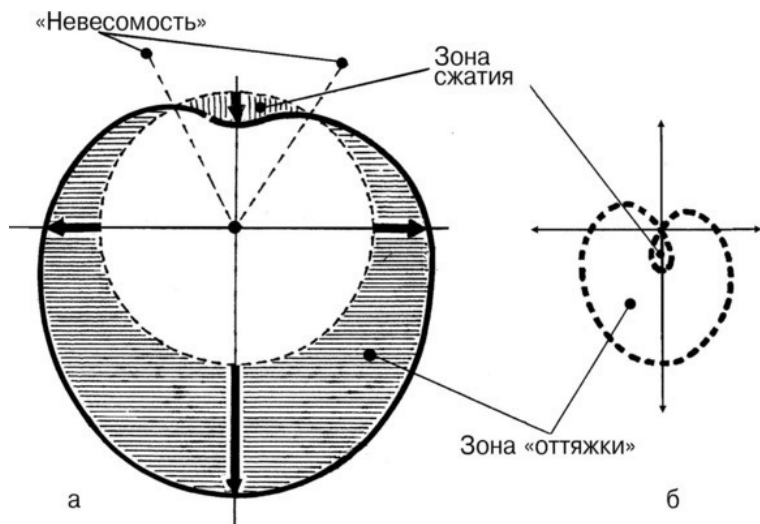


Рис. 5.7. Деформация опоры при исполнении оборотовых движений.

Практически важную и интересную особенность пофазных изменений давления на опору составляют пограничные зоны между фазами сжатия и оттяжки, когда какое бы то ни

было давление на опору и связанные с этим деформации тела практически исчезают, благодаря чему становятся наиболее доступными различные перегруппировки – перехваты, повороты и т. п. В динамическом смысле эти пограничные зоны подобны «невесомости».

Другое, очень важное следствие изменений давления на опору связано с технической осанкой работы на снарядах типа перекладины или брусьев р. в. Современная техника работы на снарядах требует постоянной активной оттяжки от опоры с усилением для гимнаста удлинением тела. На первый взгляд кажется, что для выполнения этого требования достаточно контроля осанки в зоне сжатия (см. рис. 5.7, а), тогда как в зоне оттяжки все должно получаться «само собой», и нужно лишь расслабленно провиснуть, подчиняясь «даровым» внешним силам.

Действительно, в применении к зонам, где оттягивающее воздействие на тело гимнаста составляет сотни килограмм, это достаточно верно, но в зонах ослабленных внешних воздействий этого совершенно недостаточно. В особенности это относится к зонам движения около стойки на руках и прилегающим к ним зонам «невесомости».

5.1.4. Активное взаимодействие с опорой

Выполняя маховые движения на опоре, гимнаст активно взаимодействует с ней. Это действия обычно играют как бы регулирующую роль, являясь средством использова-

ния описанных выше внешних, «даровых» факторов движения. Но в отдельных случаях, когда возможности непосредственного активного взаимодействия с опорой оказываются более значительными, они используются как механизм непосредственного (за счет мышечных усилий) энергонасыщения маховых движений на опоре.

Характерный пример – маховые движения в упоре на брусьях (рис. 5.8).

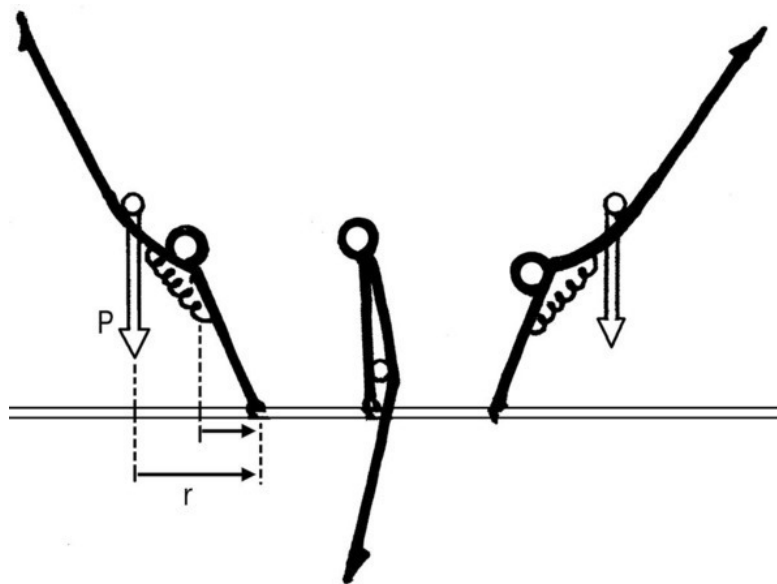


Рис. 5.8. Силовое взаимодействие с опорой при маховых движениях.

Попеременно действуя на махах разного направления мышцами плечевого пояса, гимнаст может существенно изменять скорость и амплитуду размахиваний. Вместе с тем, эти действия тесно связаны с изменениями момента силы тяжести P_T (здесь – относительно плечевой оси, а также фронтальной оси, проходящей через точки хвата) и условий равновесия: совершая силовые действия «от опоры», гимнаст умышленно провоцирует нарушение равновесия с тем, чтобы в критический момент (при прохождении вертикального упора) временно восстановить его. Фактически, это случай сохранения динамического равновесия в системе.

5.1.5. Действие диссипативных сил

Действие диссипативных сил (сил, рассеивающих энергию) играет внешне малозаметную, но в действительности, весьма существенную роль при выполнении упражнений типа махов и оборотов на опоре. Если силой сопротивления воздуха в данном случае можно пренебречь ввиду невысокой скорости движения тела²³, то трение опорных звеньев гимнаста о снаряд рассеивает существенную часть общей энергии тела.

²³ Максимальная скорость движения тела гимнаста при выполнении упражнений на снарядах обычно не превышает величин порядка 8—9 м/с, к тому же фазы движения с такой скоростью очень непродолжительны. Между тем, существенные механические эффекты, связанные с сопротивлением воздушной среды, начинают сказываться только при скоростях порядка 50 м/с.

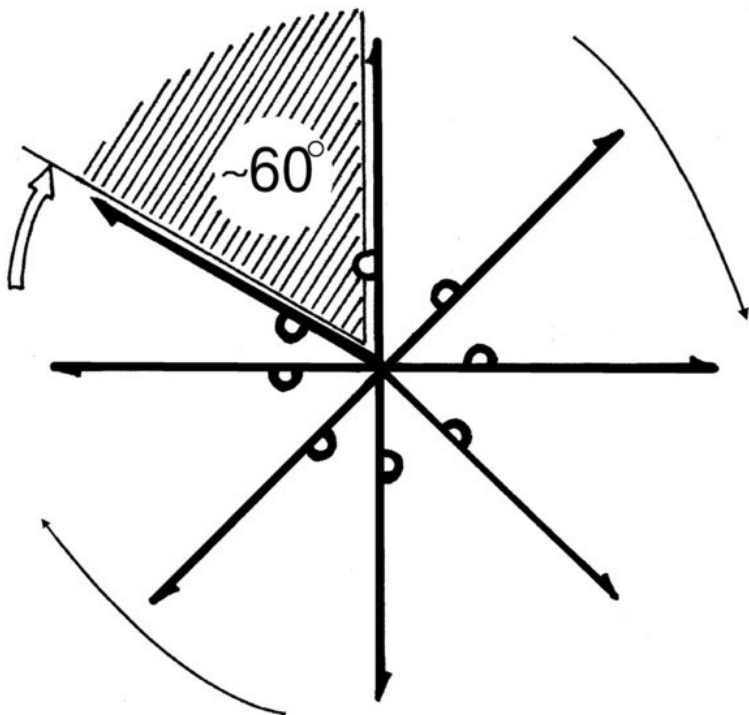


Рис. 5.9. Потери энергии на трение.

Так, если бы гимнаст попытался сделать полный большой оборот на перекладине, действуя все время со строго неизменной позой (т.е., фактически, не работая, рис. 5.9), он не дошел бы до конечного положения стойки на руках на угол, достигающий (в зависимости от силы хвата, коэф-

фициента трения на грифе и др.) величины порядка 60° . Это соответствует потере при подъеме более 20% кинетической энергии. Именно эти потери энергии должны, как минимум, восполняться за счет собственной мышечной работы спортсмена на опоре.

5.2. ОСНОВЫ ТЕХНИКИ ВРАЩЕНИЙ НА ОПОРЕ

Физические закономерности, образующие механизм вращательных движений типа махов и оборотов на практике, могут реализовываться посредством весьма разнообразной техники, опирающейся на ряд ключевых приемов. Рассмотрим ряд моментов на примере больших оборотов на перекладине.

5.2.1. Техника спадов

Техника спадов в движениях типа махов-оборотов предполагает решение трех типовых задач: 1) управление энергетикой спада, подготовка активных действий маха/оборота; 2) темпоритмическая организация движения.

Решение первой задачи практически целиком вытекает из физических закономерностей управления движением, в первую очередь, связанных с изменением момента силы тяжести, действующего на тело гимнаста при спаде.

Сравним характерные случаи изменения энергетики при

спадах.

При максимальной «оттяжке» в избранном рабочем положении движение в поле тяготения дает к окончанию спада максимальную скорость и кинетическую энергию тела в целом. Любое отклонение от этой схемы приводит, по чисто физическим причинам, к более или менее значительному снижению энергетики спада. Этим, в частности, объясняются проблемы с разучиванием большого оборота на «старых» брусках разной высоты, имевших сильно сведенные жерди (рис.5.10).

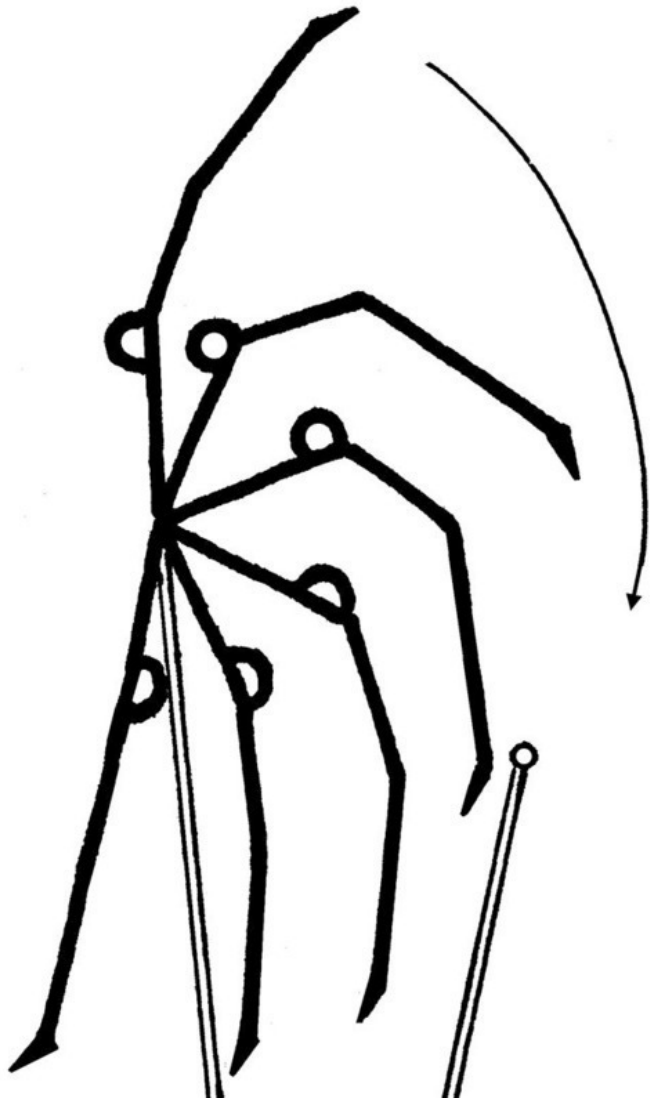


Рис. 5.10. Спад на узких брусьях р.в.

Нарочитые формы таких «нарушений» используются для гашения силы маха, если он в данной ситуации избыточен. Парадоксальной особенностью спадов является то, что движение, выполняемое на полной «оттяжке», медленнее развивается (начальные фазы длительнее во времени), но в итоге оказывается наиболее энергонасыщенным.

В то же время спады с промежуточным приближением тела к оси вращения в целом быстротечны и производят впечатление активного движения, хотя в действительности, как уже отмечалось, сопровождаются потерями кинетической энергии, и у нижней вертикали дают скорость движения меньшую, чем при спаде с полной «оттяжкой». Иногда это вводит тренеров в заблуждение.

Вторая типовая задача спада связана с потребностью получения наиболее благоприятного режима деятельности мышц, приближающих массы тела к опоре в решающей фазе движения. Это означает, прежде всего, необходимость предварительного оптимального (по величине, скорости) натяжения мышц, занятых в последующей фазе движения.

Классический пример такой подготовки мышц во время махового спада представлен на рис. 5.11, а: прежде чем сделать «бросок» ногами вперед, гимнаст выполняет «замах», позволяющий быстро натянуть мышцы вентральной группы, сгибателей. Аналогичным образом строится движение

на махе в висе противоположного направления, с подготовительным сгибанием тела и натяжением мышц-разгибателей
(б)

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.