

ОСНОВЫ СИЛОВОГО И КОНДИЦИОННОГО ТРЕНИНГА

ИЗДАНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ



G. Gregory Haff, PhD, CSCS,*D, FNSCA

Edith Cowan University, Western Australia

N. Travis Triplett, PhD, CSCS,*D, FNSCA

Appalachian State University, Boone, NC

EDITORS



HUMAN KINETICS

СОДЕРЖАНИЕ

(В СОСТАВ ДЕМО-ВЕРСИИ ВХОДЯТ ГЛАВЫ, ВЫДЕЛЕННЫЕ КРАСНЫМ ШРИФТОМ)

Глава 1

Состав и функции различных систем организма
Автор главы **Трэвис Трипплетт, Доктор Наук**

Опорно-двигательный аппарат 10 • Нервно-мышечная система 17 • Сердечно-сосудистая система 23 • Дыхательная система 26 • Заключение 28 • Вопросы для закрепления материала 29

Глава 2

Биомеханика упражнений с отягощениями
Автор главы **Джеффри МакБрайд, Доктор Наук**

Скелетная мускулатура 32 • Анатомические плоскости и основные виды движений 39 • Понятия силы и мощности применительно к организму человека 42 • Источники сопротивления мышечному сокращению 50 • Биомеханика суставов: проблемы, связанные с тренингом с отягощениями 55 • Заключение 59 • Вопросы для закрепления материала 60

Глава 3

Биоэнергетика упражнений и тренировочного процесса в целом
Авторы главы **Трент Херда, Доктор Наук и Джоэль Крамер, Доктор Наук**

Важная терминология 65 • Энергетические системы организма 66 • Исчерпание и восстановление уровня энергетических субстратов 78 • Аспекты биоэнергетики организма, выступающие в качестве факторов, ограничивающих физическую работоспособность атлетов 80 • Потребление кислорода и вклад аэробного и анаэробного механизмов при осуществлении физической деятельности 81 • Метаболическая направленность тренинга 84 • Заключение 88 • Вопросы для закрепления материала 88

Глава 4

Отклик на тренинг с отягощениями со стороны эндокринной системы
Авторы главы **Уильям Крамер, Доктор Наук, Джейкоб Вингрэн, Доктор Наук и Барри Спиринг, Доктор Наук**

Синтез, хранение и секреция гормонов 99 • Мышечная ткань как мишень для гормональных взаимодействий 101 • Роль рецепторов в гормональных изменениях 102 • Категории гормонов 103 • Связь между тяжелым тренингом с отягощениями и гормональным откликом 105 • Механизмы гормональных взаимодействий 106 • Гормональные изменения в кровотоке 107 • Адаптационные изменения в эндокринной системе 108 • Основные анаболические гормоны 108 • Гормоны надпочечников 121 • Прочая информация в части гормонов 124 • Заключение 126 • Вопросы для закрепления материала 127

Глава 5

Адаптационные изменения в ответ на тренинг анаэробной направленности
Автор главы **Данкан Фрэнч, Доктор Наук**

[Адаптационные изменения в нервной системе](#) 137 • [Адаптационные изменения в мускулатуре](#) 144 • [Адаптационные изменения в соединительных тканях](#) 149 • [Реакция и адаптационные изменения в эндокринной системе в ответ на анаэробный тренинг](#) 155 • [Реакция на анаэробный тренинг со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем](#) 157 • [Совместимость аэробного и анаэробного режимов тренинга](#) 160 • [Перетренированность](#) 163 • [Детренированность](#) 167 • [Заключение](#) 168 • [Вопросы для закрепления материала](#) 170

Глава 6

Адаптационные изменения в ответ на аэробный тренинг, направленный на развитие выносливости

Авторы главы Энн Свонк, Доктор Наук и Карвин Шарп, Доктор Наук

[Незамедлительные реакции организма на аэробный тренинг](#) 179 • [Адаптационные изменения в результате систематического аэробного тренинга](#) 184 • [Адаптационные изменения в ответ на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости](#) 189 • [Внешние факторы и аспекты индивидуальных особенностей, оказывающие влияние на адаптационные изменения в ответ на аэробный тренинг](#) 190 • [Перетренированность: Определение, Частота случаев, Диагностика, и Потенциальные маркерные признаки](#) 196 • [Заключение](#) 200 • [Вопросы для закрепления материала](#) 201

Глава 7

Возрастные и половые различия и их влияние на тренинг с отягощениями

Авторы главы Родри Ллойд, Доктор Наук и Эйвери Файгенбаум, Доктор Наук

[Дети](#) 208 • [Женщины](#) 220 • [Возрастные люди](#) 225 • [Заключение](#) 231 • [Вопросы для закрепления материала](#) 232

Глава 8

Психология спортивной подготовки и соревновательных выступлений

Авторы главы Трэси Статлер, Доктор Наук и Андреа Дюбуа, Магистр Наук

[Роль спортивной психологии](#) 241 • [Состояние максимальной работоспособности](#) 242 • [Управление энергетикой организма: эмоциональное возбуждение, тревога и стресс](#) 242 • [Влияние возбуждения и тревоги на физическую работоспособность](#) 244 • [Мотивация](#) 248 • [Внимание и концентрация](#) 250 • [Методики повышения работоспособности](#) 252 • [Механизмы, направленные на изучение и закрепление двигательных навыков](#) 259 • [Заключение](#) 263 • [Вопросы для закрепления материала](#) 265

Глава 9

Основные факторы пищевого поведения, определяющие состояние здоровья

Автор главы Мэри Спано, Магистр Наук

[Роль специалистов в области спортивного питания](#) 270 • [Стандартные рекомендации по питанию](#) 273 • [Макроэлементы](#) 277 • [Витамины](#) 287 • [Минералы](#) 291 • [Жидкость и электролиты](#) 294 • [Заключение](#) 299 • [Вопросы для закрепления материала](#) 300

Глава 10

Стратегии в области питания, призванные максимизировать спортивную работоспособность

Автор главы Мэри Спано, Магистр Наук

[Питание до, во время и после соревновательных выступлений](#) 309 • [Стратегии в области питания, используемые для изменения состава тела](#) 329 • [Пищевые расстройства и нарушения пищевого поведения](#) 335 • [Заключение](#) 338 • [Вопросы для закрепления материала](#) 339

Глава 11

Вещества и методы, повышающие физическую работоспособность
Автор главы Билл Кэмпбэлл, Доктор Наук

[Типы веществ, повышающих работоспособность атлетов](#) 347 • [Гормоны](#) 350 • [Пищевые добавки](#) 361 • [Заключение](#) 377 • [Вопросы для закрепления материала](#) 378

Глава 12

Принципы выбора и проведения тестов
Автор главы Майкл МакГиган, Доктор Наук

[Причины проведения тестов](#) 388 • [Терминология, используемая в ходе тестирования](#) 388 • [Оценка качества процедуры тестирования](#) 389 • [Выбор тестов](#) 392 • [Проведение тестов](#) 394 • [Заключение](#) 399 • [Вопросы для закрепления материала](#) 400

Глава 13

Проведение тестов, количественная оценка возможностей атлетов и интерпретация результатов тестов
Автор главы Майкл МакГиган, Доктор Наук

[Количественная оценка параметров работоспособности атлетов](#) 403 • [Протоколы проведения и оценки результатов тестов](#) 409 • [Статистическая оценка результатов тестов](#) 438 • [Заключение](#) 442 • [Вопросы для закрепления материала](#) 443

Глава 14

Разминка и тренинг на развитие гибкости
Автор главы Йен Джеффрис, Доктор Наук

[Разминка](#) 471 • [Гибкость](#) 474 • [Типы растяжки](#) 479 • [Заключение](#) 485 • [Методики статической растяжки](#) 486 • [Методики динамической растяжки](#) 498 • [Вопросы для закрепления материала](#) 507

Глава 15

Методология тренинга с помощью свободных отягощений и тренажеров
Авторы главы Скотт Колфилд, Бакалавр Наук и Даглас Бернингер, Магистр Наук

[Фундаментальные основы техники выполнения упражнений](#) 512 • [Подстраховка при работе со свободными отягощениями](#) 515 • [Заключение](#) 519 • [Упражнения с отягощениями](#) 520 • [Вопросы для закрепления материала](#) 571

Глава 16

Альтернативные виды тренинга и упражнения с нестандартным инвентарем
Авторы главы Грегори Хафф, Доктор Наук, Даглас Бернингер, Магистр Наук и Скотт Колфилд, Бакалавр Наук

[Общие рекомендации](#) 574 • [Методология тренинга с собственным весом](#) 575 • [Методики тренинга, направленные на развитие стабильности и баланса мышечного корсета туловища](#) 575 • [Методики тренинга с варьируемой величиной отягощения](#) 578 • [Методики тренинга с нестандартными вариантами отягощений](#) 583 • [Методики асимметричного тренинга](#) 588 • [Заключение](#) 589 • [Альтернативные виды тренинга и упражнения с нестандартным инвентарем](#) 590 • [Вопросы для закрепления материала](#) 607

Глава 17

Разработка программы тренинга с отягощениями
Авторы главы Джереми Шеппард, Доктор Наук и Трэвис Трипплетт, Доктор Наук

[Принципы разработки программ анаэробного тренинга](#) 612 • [Этап 1: Анализ потребностей](#) 613 • [Этап 2: Выбор упражнений](#) 617 • [Этап 3: Частота тренировок](#) 621 • [Этап 4: Порядок упражнений](#) 623 • [Этап 5: Тренировочная нагрузка и количество повторений](#) 626 • [Этап 6: Объем](#) 640 • [Этап 7: Продолжительность периодов отдыха](#) 642 • [Заключение](#) 645 • [Вопросы для закрепления материала](#) 648

Глава 18

Разработка программы тренировок и техника плиометрического тренинга
Авторы главы Дэвид Потак, Физиотерапевт и Дональд Чу, Доктор Наук, Физиотерапевт

[Механика и физиология плиометрических движений](#) 654 • [Разработка программы](#) 657 • [Фактор возраста](#) 663 • [Плиометрика и прочие формы тренинга](#) 665 • [Соображения в части безопасности](#) 666 • [Заключение](#) 668 • [Плиометрические упражнения и связки движений](#) 669 • [Вопросы для закрепления материала](#) 707

Глава 19

Разработка программы и техника тренинга, направленного на развитие скорости и подвижности
Авторы главы Брэд ДеВис, Доктор Наук и София Нимфиус, Доктор Наук

[Скорость и подвижность, специфика](#) 712 • [Нейрофизиологические основы скоростных качеств атлетов](#) 715 • [Скорость бега](#) 718 • [Работоспособность применительно к подвижности и смена направления движения](#) 725 • [Методы развития скоростных качеств](#) 729 • [Методы развития подвижности](#) 733 • [Структура программы тренинга](#) 736 • [Стратегии, направленные на развитие скоростных качеств](#) 736 • [Стратегии развития подвижности](#) 741 • [Заключение](#) 745 • [Упражнения и связки движений, направленные на развитие подвижности и скоростных возможностей атлетов](#) 746 • [Вопросы для закрепления материала](#) 755

Глава 20

Разработка программ и техника тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости
Авторы главы Бенджамин Ройтер, Доктор Наук и Джи Дейвс Доктор Наук

[Факторы, определяющие работоспособность атлетов с точки зрения аэробной выносливости](#) 762 • [Разработка программы тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости](#) 763 • [Различные](#)

[виды тренировочных программ, предназначенных для развития аэробной выносливости](#) 770 • [Структура программы тренинга в привязке к этапам соревновательного сезона](#) 774 • [Особые вопросы, связанные с тренингом на развитие аэробной выносливости](#) 775 • [Заключение](#) 777 • [Упражнения, направленные на развитие аэробной выносливости](#) 779 • [Вопросы для закрепления материала](#) 787

Глава 21

Периодизация

Автор главы Грегори Хафф, Доктор Наук

[Главная концепция, связанная с периодизацией](#) 792 • [Иерархия в периодизации](#) 795 • [Периодизация. Этапы](#) 797 • [Связь между концепцией периодизации и сезонным характером спортивных выступлений](#) 802 • [Моделей линейной и волновой периодизации](#) 804 • [Пример годового плана тренировок](#) 805 • [Заключение](#) 807 • [Вопросы для закрепления материала](#) 816

Глава 22

Реабилитация и восстановление формы

Авторы главы Дэвид Потак, Физиотерапевт и Терри Гриндстафф, Доктор Наук, Физиотерапевт

[Команда специалистов по спортивной медицине](#) 820 • [Типы травм](#) 823 • [Заживление тканей](#) 825 • [Задачи реабилитации и восстановления](#) 826 • [Структура программы](#) 833 • [Снижение риска первичных и повторных травм](#) 837 • [Заключение](#) 838 • [Вопросы для закрепления материала](#) 839

Глава 23

Планировка, облик и организация спортивного сооружения

Автор Главы Андреа Худи, Магистр Наук

[Основные аспекты проектирования нового сооружения](#) 845 • [Модернизация существующего объекта силового и кондиционного тренинга](#) 847 • [Оценка потребностей, связанных с тренировочным процессом](#) 848 • [Конструктивный облик сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга](#) 849 • [Расположение оборудования в зале](#) 852 • [Техническое обслуживание и чистка поверхностей и оборудования](#) 854 • [Заключение](#) 856 • [Вопросы для закрепления материала](#) 858

Глава 24

Политика, процедуры и юридические вопросы, связанные с работой залов

Авторы Главы Трэси Статлер, Доктор Наук и Виктор Браун, Магистр Наук

[Миссия организации и описание задач](#) 868 • [Задачи организации](#) 869 • [Рабочая группа по силовой и кондиционной подготовке](#) 869 • [Правовые и этические аспекты](#) 874 • [Принципы и порядок деятельности персонала](#) 880 • [Управление организацией](#) 883 • [Планирование действий и мероприятия при возникновении внештатных ситуаций](#) 883 • [Заключение](#) 886 • [Вопросы для закрепления материала](#) 888

[Уведомление в части правовых аспектов](#) 891

Автор перевода – [Александр Погодин](#)

ГЛАВА 1

Состав и функции различных систем организма

Автор главы Трэвис Трипплетт, Доктор наук

После прочтения этой главы вы сможете

- дать описание состава мышечной и костной ткани на микро- и макроуровнях
- объяснить теорию “скользящих нитей” (в мышечном сокращении)
- дать описание конкретных морфологических и физиологических свойств различных типов мышечной ткани, а также дать прогнозную оценку степени их участия в мышечной деятельности в рамках тех или иных видов спорта
- дать описание анатомических и физиологических особенностей сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

Занятия физической культурой и спортивные возможности атлетов зависят от способности спортсмена выполнять эффективные и целенаправленные перемещения тела в пространстве. Данные движения являются результатом усилий, получаемых в результате деятельности мышц, которые меняют положение различных частей тела в пространстве за счет действия системы рычагов, создаваемой скелетом человека. Деятельность упомянутой выше мускулатуры управляется корой головного мозга с помощью двигательных нейронов периферийной нервной системы. Описанная нервно-мышечная деятельность поддерживается посредством постоянной доставки кислорода и питательных веществ к работающим тканям и удаления углекислого газа, а также побочных продуктов обменных процессов из работающих тканей через действие сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Для того, чтобы наилучшим образом применить имеющиеся на текущий момент научные знания к тренировочному процессу атлетов, а также разработать эффективные программы тренировок, тренеры-профессионалы в области развития силы и выносливости должны обладать пониманием работы не только опорно-двигательного аппарата, но и всех прочих систем организма, которые выступают в качестве средств прямой поддержки работы мускулатуры, задействованной в рамках того или иного упражнения. В соответствии с этим, в данной главе дается сводное описание тех аспектов анатомии и работы скелетно-мышечной, нервно-мышечной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем, которые являются фундаментальными с точки зрения обеспечения мышечной силы и мощности.

Опорно-двигательный аппарат

Опорно-двигательный аппарат организма человека состоит из костей, суставов, мышц и сухожилий, которые представляют собой общую структуру, позволяющую выполнять широкий спектр движений, присущих телу человека. В данном разделе дается описание компонентов опорно-двигательного аппарата, как по отдельности, так и в контексте того, как они функционируют в составе единой системы.

Скелет

Мускулатура человека не позволяет прилагать усилие напрямую к опорной поверхности или прочим предметам. Вместо этого, мышцы действуют за счет тянущего воздействия на кости, которые, в свою очередь, двигаются вокруг соответствующих суставов и передают усилие на предметы из внешней среды. Сами мышцы могут только тянуть, но не толкать; однако, с помощью системы костей-рычагов тяговые усилия со стороны мышц могут выражаться в виде тянущих или толкающих воздействий на предметы внешней среды.

В теле человека имеется около 206 костей,

при этом точное количество может различаться. Являясь относительно легкой, но прочной структурой, кости выступают в качестве рычагов, средств опоры и защиты организма (Рисунок 1.1). **Осевой скелет** состоит из черепа (черепная коробка), позвоночного столба (позвонки от С1 до копчиковой кости), ребер и таза. **Добавочный скелет** состоит из плечевого пояса или пояса верхних конечностей (который представлен левыми и правыми лопатками, и ключицами); костей рук, запястий и ладоней (левые и правые плечевые, лучевые, локтевые, запястные, пястные кости и фаланги); пояса нижних конечностей (левая и правая тазовые или безымянные кости); и костей бедра, голени и стопы (левые и правые бедренные кости, надколенники, большеберцовые, малоберцовые кости, кости предплюсны и плюсневые кости, и фаланги). Места сочленений костей называются суставами. **Фиброзные соединения** (к примеру, швы-прослойки соединительной ткани между костями черепа) являются фактически неподвижными; **хрящевые соединения** (к примеру, межпозвоночные диски) имеют ограниченную подвижность; а прерывные или **синовиальные соединения** (к примеру, локтевой или коленный сустав) имеют значительную степень подвижности. Те движения, которые присущи для спортивной и тренировочной деятельности, как правило, осуществляются в прерывных соединениях (суставах), наиболее важными характеристиками которых являются пониженное трение соприкасающихся поверхностей, а также значительная амплитуда движения. Концы костей, которые входят в состав суставов покрыты **гиалиновым хрящом**, а сам сустав, в свою очередь, заключен в капсулу, внутри которой находится **синовиальная жидкость**. В качестве части сустава зачастую выступают сухожилия и связки (13). Фактически, все движения в суставах – это вращения вокруг определенной оси или точки. Суставы можно классифицировать по количеству направлений (осей) вокруг которых может выполняться вращение. **Одноосные суставы**, такие как, локтевой, работают по принципу шарнира, т.е. вращение в таком суставе происходит только вокруг одной оси. Коленный сустав зачастую называют блоковидным одноосным суставом, однако направление оси вращения в коленном суставе по факту изменяется в рамках амплитуды движения в данном суставе. **Двухосные суставы**, такие как голеностопный и лучезапястный, обеспечивают движение вокруг двух перпендикулярных осей. **Многоосные суставы**, такие как шаровидные плечевой и тазобедренный суставы, обеспечивают движение вокруг всех трех взаимно перпендикулярных осей. Позвоночный столб состоит из костей-позвонков, между телами позвонков имеются гибкие диски, которые обеспечивают подвижность всей структуры в целом. Позвонки классифицируются следующим образом: 7 позвонков шейного отдела (находятся в области шеи); 12 грудных позвонков (находятся в области верхней и средней части спины); 5 поясничных позвонков, которые образуют низ спины; 5 крестцовых позвонков, которые срастаются в

Какие факторы влияют на рост скелета у взрослых людей?

Существует несколько факторов, которые могут благоприятным образом влиять на состояние скелета взрослого человека, и большинство из них связано с использованием мускулатуры. Когда организм подвергается действию серьезной нагрузки (тяжелая работа или тренинг с отягощениями), кости становятся плотнее, в составе костей увеличивается доля минеральных соединений. Если атлет занимается двигательной деятельностью взрывного характера с ударными нагрузками, в составе костей могут возникнуть аналогичные изменения. Увеличение плотности костного аппарата наблюдается у атлетов, занимающихся гимнастикой и прочими видами деятельности, для которых характерна двигательная активность со значительной силовой и мощностной составляющими, а также в ряде случаев с жесткими приземлениями (11). Прочие факторы, которые оказывают влияние на адаптационные изменения в костном аппарате, зависят в основном от того, каким образом загружен осевой скелет и насколько регулярно возникает ситуация нагружения (частота). В силу того, что адаптационные процессы в костном аппарате протекают медленнее, чем в скелетной мускулатуре, достаточно важно варьировать стимуляцию по частоте, интенсивности и типу.

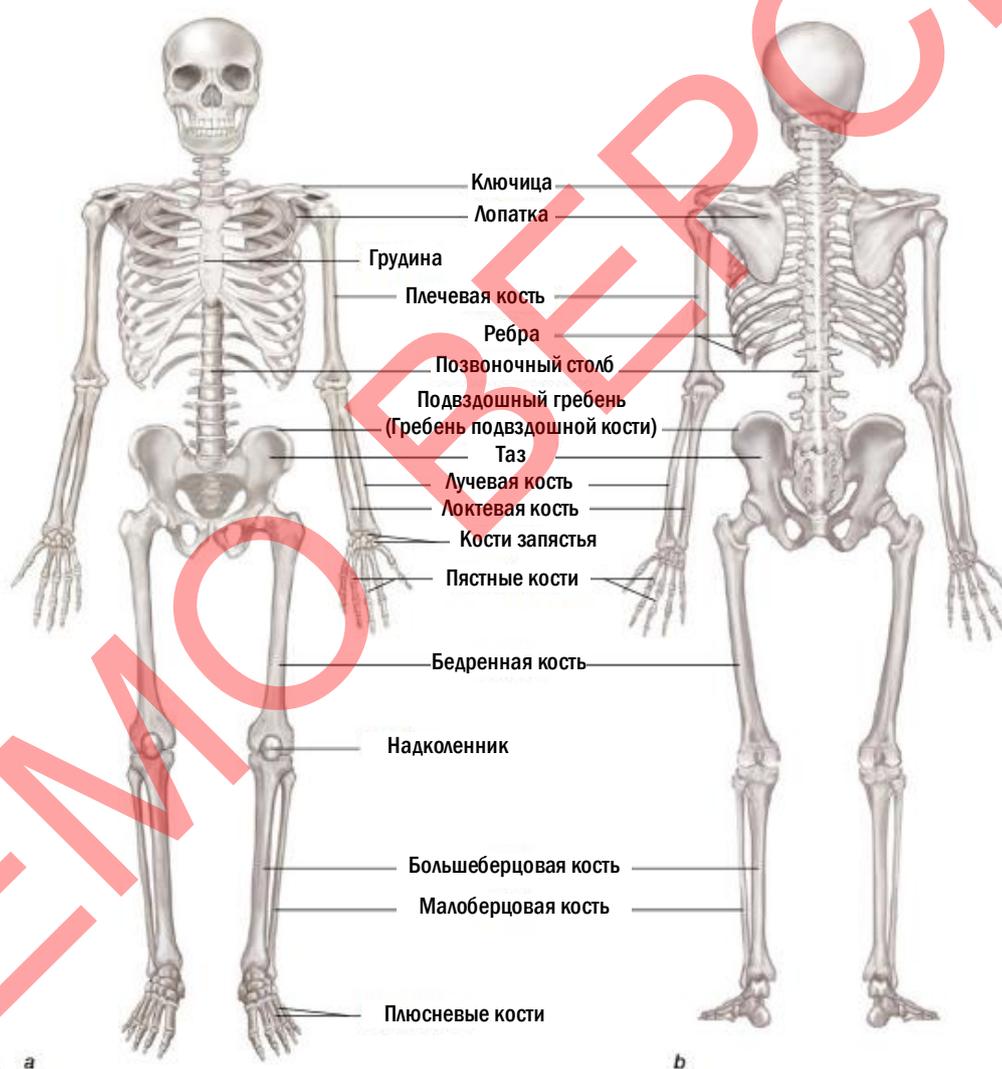


Рисунок 1.1 (a) Вид спереди и (b) вид сзади скелета взрослого мужчины

единую кость и образуют заднюю часть таза; и от 3 до 5 копчиковых позвонков, которые образуют рудиментарный хвост, отходящий от таза вниз.

Скелетная мускулатура

Система мышц, которая позволяет менять положение компонентов скелета в пространстве, изображена на Рисунке 1.2. Местом сочленения костей является сустав, и скелетные мышцы прикрепляются к костям с обоих концов кости. Если бы конфигурация данной системы была иной, мы не смогли бы двигаться.

Состав опорно-двигательного аппарата на макро- и микроуровнях

Каждая скелетная мышца является органом, который состоит из мышечной ткани, соединительной ткани, нервов и кровеносных сосудов. Фиброзная соединительная ткань или **эпимизий**, покрывает более 430 различных скелетных мышц в теле человека.

Эпимизий контактирует с сухожилиями, которые располагаются с каждого из концов мышцы (Рисунок 1.3). **Сухожилие** прикрепляется к **надкостнице (периосту) кости**, которая является специальной соединительной тканью, покрывающей поверхность всех костей; любое мышечное сокращение оказывает тянущее воздействие на сухожилие, а то, в свою очередь, приводит в движение кость. Мышцы конечностей имеют две точки прикрепления: **проксимальную** (которая располагается ближе к срединной линии тела) и **дистальную** (которая располагается дальше от срединной линии тела). Точки прикрепления мышц туловища называют **верхней** (ближе к голове) и **нижней** (ближе к стопам).

Мышечные клетки, которые часто называют мышечными волокнами, представляют собой длинные (в некоторых случаях, идущие по всей длине мышцы) клетки цилиндрической формы диаметром от 50 до 100 мкм (что примерно сравнимо с диаметром человеческого волоса). Эти волокна имеют множество ядер, которые располагаются на периферии клетки и имеют исчерченную структуру, если их поместить под микроскоп.

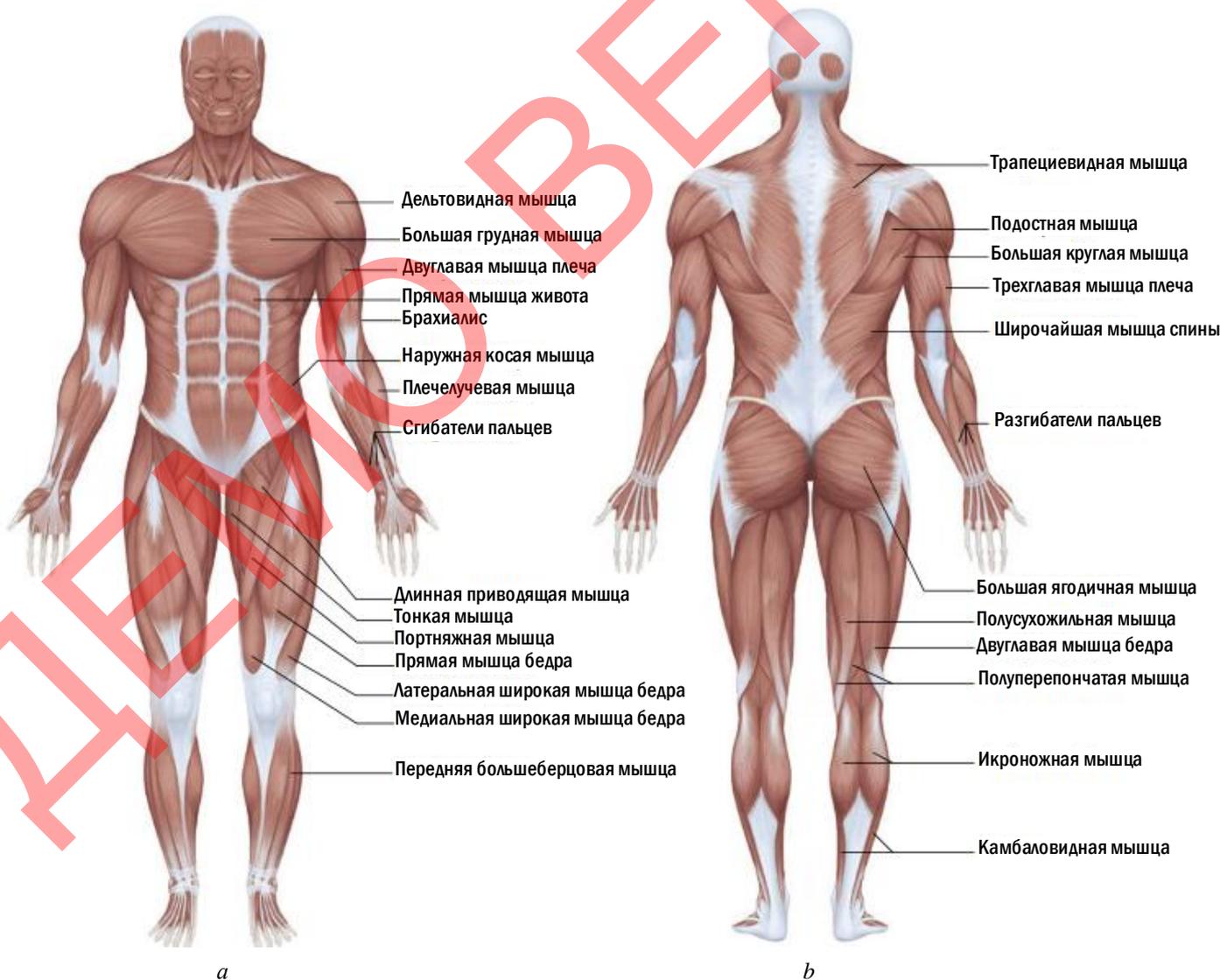


Рисунок 1.2 (a) Вид спереди и (b) вид сзади скелетной мускулатуры взрослого мужчины



Рисунок 1.3 Схематическое строение мышцы. Показано три типа соединительных тканей: эпимизий (внешний слой), перимизий (окружает каждый отдельный пучок [группу] волокон) и эндомизий (слой соединительной ткани, окружающий отдельные волокна)

Окруженные эпимизием снаружи, мышечные волокна собираются в **пучки**, в каждом из которых может насчитываться до 150 волокон. Пучки волокон окружены соединительной тканью, которая называется **перимизий**. Каждое отдельное мышечное волокно окружено соединительной тканью, которая называется **эндомизий**. Он контактирует с и охватывается клеточной мембраной мышечного волокна или **сарколеммой** (13). Все виды соединительной ткани – эпимизий, перимизий, и эндомизий – находятся в контакте с сухожилием, и, таким образом, тянущее усилие, вырабатываемое в мышечной клетке, передается на сухожилие и кость, к которому оно крепится (см. Рисунок 1.3).

Место соединения между **двигательным нейроном** (нервной клеткой) и мышечными волокнами, которые она иннервирует, называется **концевой пластиной** двигательного нерва на мышце, или, что чаще, **нервно-мышечным синапсом** (Рисунок 1.4). Каждая мышечная клетка обладает только одним нервно-мышечным синапсом, несмотря на то, что один двигательный нейрон иннервирует множество мышечных волокон, в ряде случаев сотни или даже тысячи. Двигательный нейрон и мышечные волокна, которые он иннервирует, в совокупности называют **двигательной единицей**. Все мышечные волокна в составе одной двигательной единицы сокращаются одновременно, когда осуществляется их стимуляция двигательным нейроном.

Внутренняя структура мышечного волокна представлена на Рисунке 1.5. **Саркоплазма**, которая является цитоплазмой мышечных волокон, содержит сократительные компоненты,

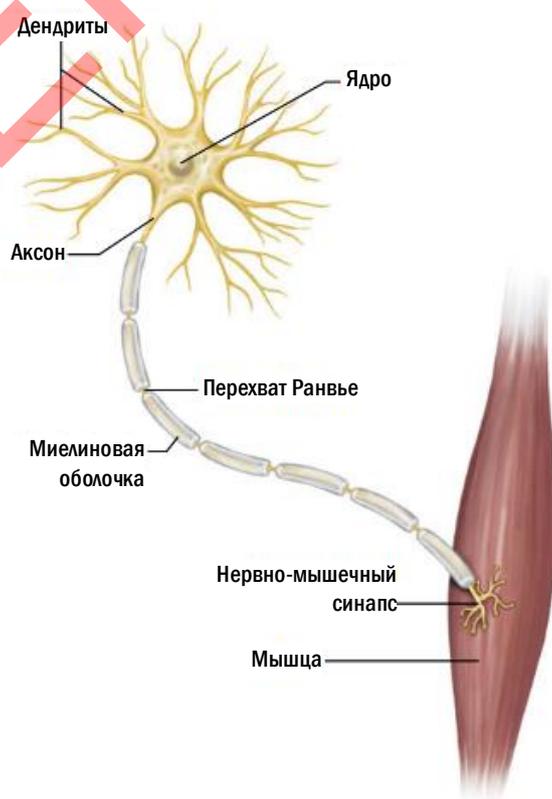


Рисунок 1.4 Двигательная единица, которая состоит из двигательного нейрона и мышечных волокон, которые он иннервирует. В состав отдельной двигательной единицы, как правило, входит несколько сотен мышечных волокон

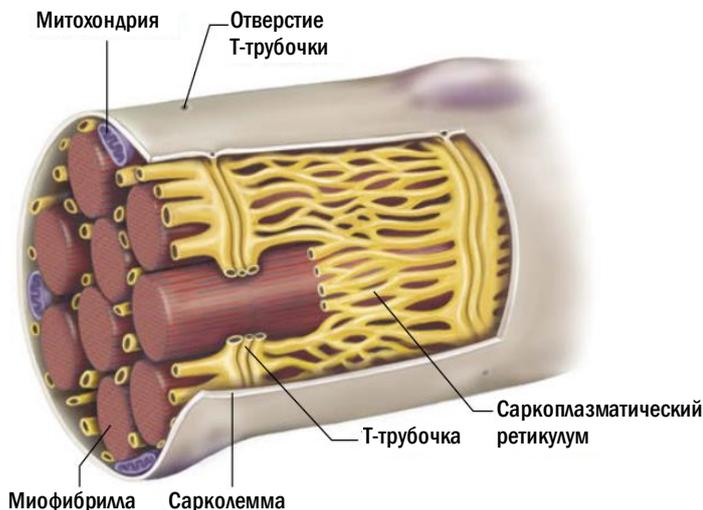


Рисунок 1.5 Мышечное волокно в разрезе

в число которых входят белковые филаменты (нити), прочие белки, депонированные частицы гликогена и жира, ферменты, и специальные органеллы типа митохондрий и саркоплазматического ретикулума.

Внутри саркоплазмы содержатся сотни **миофибрилл** (каждая около 1 мкм в диаметре, что примерно равняется 1/100 толщины человеческого волоса). Миофибриллы содержат аппарат, который осуществляет сокращение мышечной клетки, этот аппарат в основном представлен двумя типами **мышечных филаментов (нитей): миозином и актином**. Миозиновые филаменты (толстые нити диаметром 16 нм, что примерно равняется 1/10,000 толщины волоса) содержат до 200 молекул миозина. Миозиновый филамент состоит из глобулярной головки, шарнирных участков и фиброзного хвостика. Через регулярные интервалы времени глобулярные головки выступают вперед, при этом пара миозиновых филаментов образуют **поперечный мостик**, через который идет взаимодействие с актином. Актиновые филаменты (тонкие, порядка 6 нм в диаметре) представляют собой две цепочки, перекрученные в двойную спираль. Располагаясь в пространстве параллельно друг другу, и при этом имея обратную взаимонаправленность, миозиновые и актиновые филаменты образуют минимально возможную (базовую) сократительную единицу скелетных мышц, **саркомер**. В расслабленных мышечных тканях длина саркомера достигает 2,5 мкм (т.е. на 1 сантиметр длины мышцы приходится порядка 4,500 саркомеров), данные структурные единицы располагаются по всей длине мышечного волокна (1). На Рисунке 1.6 показана структура и взаимное расположение миозиновых и актиновых компонентов в саркомере. В середине саркомера (в центре H-зоны) располагается M-диск, который представляет собой сцепление соседних миозиновых филаментов. Актиновые филаменты отходят от Z-линии в обоих направлениях. Z-линии располагаются по всей длине миофибриллы. Шесть актиновых филаментов окружают каждый миозиновый филамент образуя шестигранную структуру.

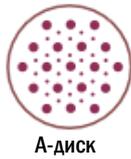
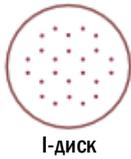
В свою очередь, каждый актиновый филамент окружен тремя миозиновыми филаментами.

Именно взаимное расположение миозиновых и актиновых филаментов, а также Z-линий в рамках саркомера приводит к тому, что в скелетных мышцах чередуются темные и светлые участки, что называют исчерченностью мышечного волокна, при рассмотрении под микроскопом. В более темном участке, который называется A-диск, расположены толстые нити, состоящие в основном из белка миозина, в то время как в более светлых областях **I-диска** располагаются края двух соседних саркомеров, которые содержат только актиновые филаменты (13). **Z-линия** находится в средней части I-диска, она выглядит как темная линия, которая проходит через I-диск в продольном направлении. **H-зона** – это область в центре саркомера, в которой миозиновые филаменты расположены изолированно и не перекрываются актиновыми нитями. В процессе мышечного сокращения ширина H-зоны уменьшается, поскольку актиновые нити скользят вдоль миозиновых по направлению к центру саркомера.

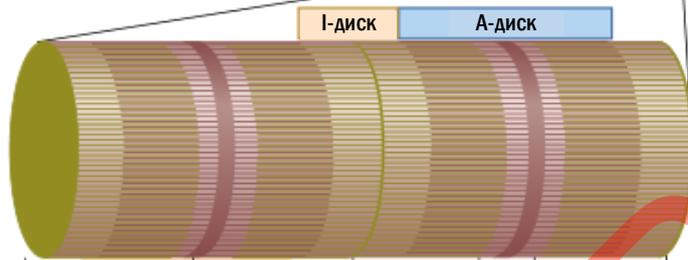
Обвивая, но не контактируя с поверхностью каждой миофибриллы, располагается сложная система трубочек, которая называется **саркоплазматическим ретикулумом** (см. Рисунок 1.5), которая заканчивается каналами в близости с Z-линиями. В этих каналах аккумулируются ионы кальция. Мышечное сокращение управляется посредством механизма регуляции кальция. **T-трубочки**, или поперечные трубочки, располагаются перпендикулярно поверхности саркоплазматического ретикулума и заканчиваются отверстиями в близости к Z-линии между двумя каналами. В силу того, что T-трубочки проходят по периферии миофибрилл и сопряжены с сарколеммой на поверхности клетки, передача **потенциала действия** (электрического нервного импульса) происходит практически мгновенно, начинаясь с поверхности и распространяясь по всей глубине мышечного волокна. Таким образом, кальций высвобождается в мускулатуре, вызывая тем самым скоординированное мышечное сокращение.

- Актиновый филамент
- Миозиновый филамент

Мышечное волокно (поперечные сечения в различных зонах)

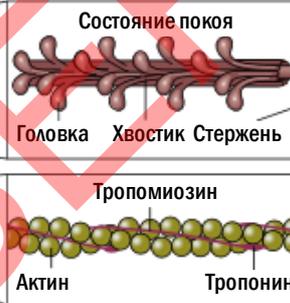
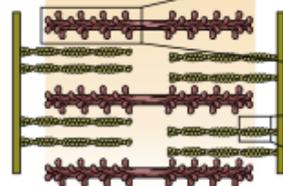


Миофибрилла



M-диск Z-линия H-зона Z-линия

Саркомер



Миозиновый (толстый) филамент

Актиновый (тонкий) филамент

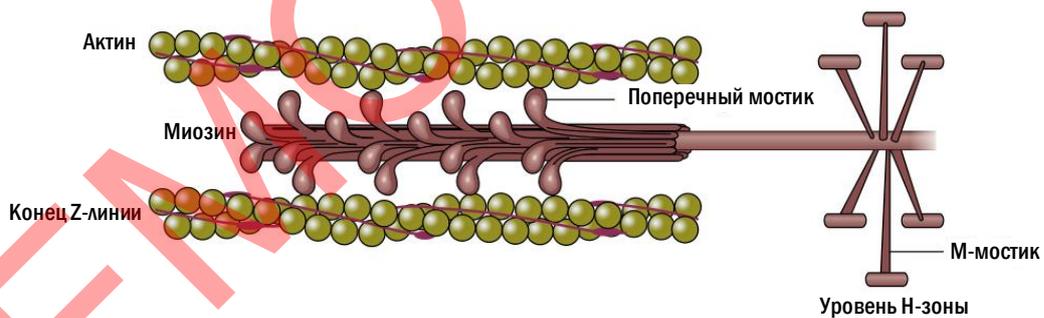


Рисунок 1.6 Укрупненное представление миозиновых и актиновых филаментов (нитей) в мышечной ткани. Взаимное расположение миозиновых (толстых) и актиновых (тонких) филаментов придает скелетным мышцам исчерченный вид.

Передача потенциала действия от двигательного нерва сигнализирует о высвобождении кальция из саркоплазматического ретикулума в миофибриллу, благодаря чему в мышце начинается процесс сокращения

Теория скользящих нитей (в мышечном сокращении)

В самой простой формулировке, теория скользящих нитей гласит, что актиновые филаменты-нити с каждого конца саркомера скользят по миозиновым филаментам, тем самым заставляя Z-линии перемещаться по направлению к центру саркомера, что, в свою очередь, приводит к укорочению мышечного волокна (Рисунок 1.7). По мере того, как актиновые филаменты перемещаются вдоль миозиновых, происходит сужение как H-зоны, так и I-диска. Действие миозиновых поперечных мостиков, которые притягивают актиновые филаменты, приводит к тому, что актиновые филаменты приходят в движение. В силу того, что каждое сгибание миозинового поперечного мостика приводит лишь к крайне малому смещению активного филамента для того, чтобы произошло движение, поддающееся количественной оценке, необходимо, чтобы сгибания миозиновых мостиков происходили по всему объему мышцы очень быстро и повторялись с определенной частотой (13).

Фаза покоя В нормальном состоянии покоя, объем кальция в миофибриллах относительно невелик (преобладающая часть депонируется в саркоплазматическом ретикулуме), и, таким образом, лишь совсем небольшое количество миозиновых мостиков имеют связь с актиновыми филаментами. Даже несмотря на то, что центры связывания с актином закрыты, миозин и актин по-прежнему взаимодействуют через ослабленную связь, которая усиливается (а, значит, происходит напряжение соответствующей мускулатуры) после того, как центры связывания актина становятся открытыми для взаимодействия после высвобождения депонированного кальция.

Фаза электромеханического сопряжения

Перед тем, как миозиновые поперечные мостики начинают сгибаться, им необходимо присоединиться к актиновому филаменту. Когда происходит стимуляция саркоплазматического ретикулума, что приводит к высвобождению ионов кальция, ионы кальция начинают связываться с белком тропонином, который располагается вдоль актинового филамента через равные промежутки (см. Рисунок 1.6) и имеет высокое сродство с ионами кальция. Это приводит к сдвигу в молекуле другого белка, тропомиозина, которая проходит по всей длине актинового филамента в желобке двойной спирали.

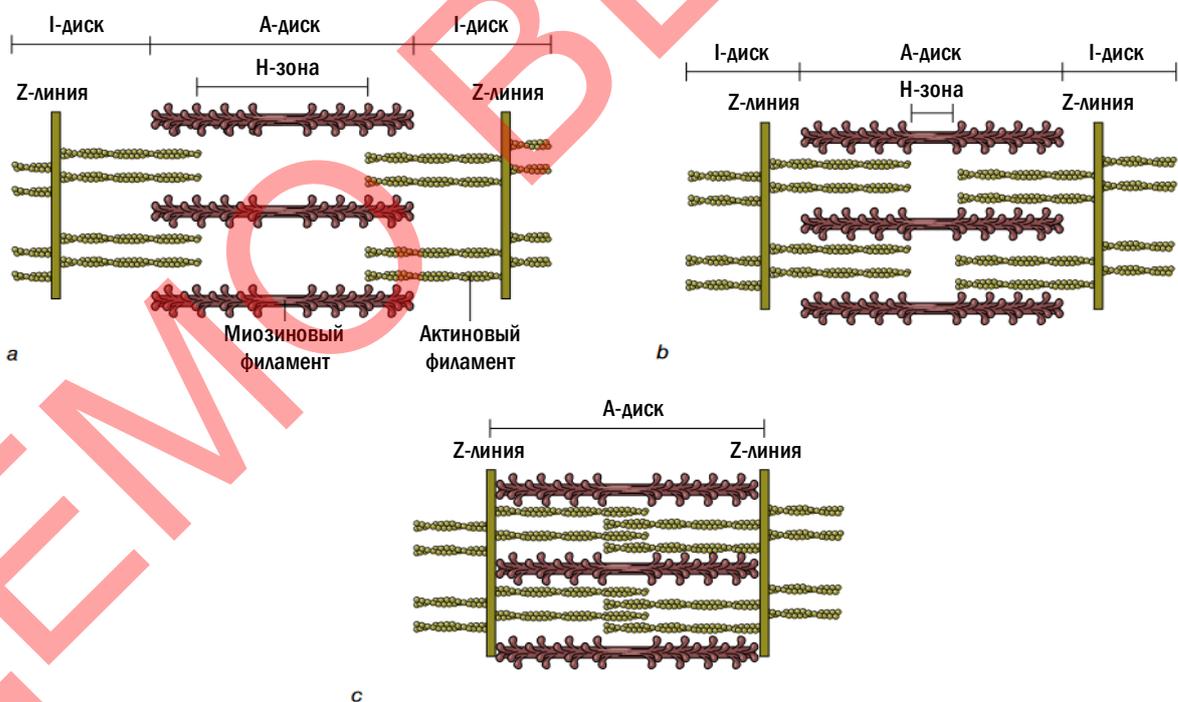


Рисунок 1.7 Роль миофибрилл в мышечном сокращении. (a) В расслабленной мышце области I-диска и H-зоны удлинены, а силовой потенциал мышцы невелик по причине относительно небольшого количества центров связывания актина с поперечными мостиками. (b) Когда происходит мышечное сокращение (на данном изображении процесс сокращения не завершен), области I-диска и H-зоны укорачиваются. Силовой потенциал высок в силу того, что структура из актина и поперечных мостиков имеет оптимальную конфигурацию. (c) Когда мышца полностью сокращена, силовой потенциал также не высок, поскольку возникает частичное перекрытие актиновых элементов, что снижает потенциал связывания актина через поперечные мостики.

Теперь миозиновый мостик присоединяется к актиновому филаменту намного быстрее, что позволяет вырабатывать усилие по мере того, как актиновые филаменты притягиваются к центру саркомера (1). Очень важно понимать, что величина усилия, вырабатываемого мышцей в определенный момент времени, напрямую зависит от количества миозиновых мостиков, связанных с актиновыми филаментами в этот момент времени (1).

Количество поперечных мостиков, образованных между актиновыми и миозиновыми филаментами на конкретный момент времени, напрямую определяет возможности мышцы в части выработки усилия

Фаза сокращения Энергия, необходимая для выполнения мышечного сокращения, или т.н. **“эффективного удара”** – последовательности молекулярных взаимодействий в процессе мышечного сокращения, получается в результате гидролиза (расщепления) аденозин трифосфата (АТФ) до аденозин дифосфата (АДФ) и фосфата, т.е. химической реакции, катализатором для которой выступает фермент аденозинтрифосфатаза (АТФаза) миозина. Другая молекула АТФ должна заменить АДФ в глобулярной головке миозинового мостика для того, чтобы головка отсоединилась от активного актина и вернулась в начальное положение. Это позволяет не прерываться процессу сокращения (при условии, что в наличии имеется достаточно кальция для связывания с тропонином) или переходит к мышечному расслаблению (в случае, если кальций отсутствует). Как вы уже могли отметить, помимо мышечного сокращения, кальций играет определенную роль в регуляции широкого спектра процессов, протекающих в скелетных мышцах. В перечень упомянутых выше процессов входят гликолитический и окислительный обменные процессы, а также процессы синтеза и распада белка (10).

Кальций и АТФ необходимы для связывания актиновых и миозиновых филаментов посредством поперечных мостиков.

Фаза рассоединения

Поддающееся количественной оценке мышечное сокращение выполняется только в том случае, когда происходит вся последовательность событий, а именно – связывание кальция с тропонином, сцепление миозинового мостика с актином, эффективный удар, разделение актина и миозина, а

также возврат миозиновой головки к начальному положению – данная последовательность событий повторяется снова и снова по всему мышечному волокну. Этот процесс происходит до тех пор, пока в миофибриллах имеется кальций и АТФ, который необходим для отделения миозина от актина, а также достаточное количество АТФазы миозина для катализирования (ускорения) распада АТФ.

Фаза расслабления

Расслабление происходит после того, как прекращается стимуляция двигательного нерва. Кальций накачивается обратно в саркоплазматический ретикулум, что мешает образованию связи между актиновыми и миозиновыми филаментами. Мышечное расслабление обуславливается возвратом актиновых и миозиновых филаментов в несвязанное состояние.

Нервно-мышечная система

Мышечные волокна иннервируются двигательными нейронами, которые передают импульсы в виде электрических сигналов от спинного мозга к мышцам. Двигательный нейрон, как правило, имеет несколько оконечных ветвей на концах аксонов, в результате чего он иннервирует множество различных мышечных волокон. Особенности данной структуры определяют тип и характеристики мышечного волокна, а также характерные особенности его работы и степень участия в физической деятельности.

Возбуждение мышцы

Когда двигательный нейрон генерирует импульс или потенциал действия, все волокна, которые он иннервирует возбуждаются и создают усилие. Степень контроля мышцы зависит от количества мышечных волокон в рамках конкретной двигательной единицы. Для мускулатуры, действию которой присуща высокая точность (в качестве примера можно привести мышцы, управляющие движением глаз) характерно такое распределение двигательных единиц, при котором на одно мышечное волокно приходится один двигательный нейрон. Изменение количества активных двигательных единиц в составе столь мелкой мускулатуры может вызывать крайне незначительные колебания в величине усилия, что необходимо для высокой точности движений глазного яблока. В противоположность этому, группа четырехглавой мышцы бедра, выполняет движения ног с гораздо меньшей степенью точности вследствие того, что с помощью одного двигательного нейрона иннервируется несколько сотен волокон.

Этапы мышечного сокращения

Этапы мышечного сокращения могут быть представлены в следующей последовательности:

1. Начало расщепления АТФ (с помощью катализирующей АТФазы миозина) приводит к тому, что глобулярная головка миозина переходит в “заряженное” состояние и перемещается в положение, в котором она может образовать связь с актином.
2. Высвобождение фосфата в результате процесса расщепления АТФ приводит к тому, что миозиновая головка изменяет свою форму и передвигается.
3. Этот процесс является причиной смещения актинового филамента в направлении центра саркомера и носит название эффективный удар; после этого высвобождается АДФ.
4. Как только произошел эффективный удар, миозиновая головка отсоединяется от актинового филамента, но только после того, как другая молекула АТФ присоединится к миозиновой головке, поскольку процесс связывания способствует отрыву.
5. Теперь миозиновая головка готова обрести связь с другим актиновым филаментом (так, как это описывается на этапе 1), и цикл продолжается до тех пор, пока имеются запасы АТФ и АТФазы, а кальций связан с тропонином.

Того потенциала действия (электрического тока), который проходит через двигательный нейрон, недостаточно, чтобы напрямую возбудить мышечные волокна. Вместо этого двигательный нейрон возбуждает мышечное волокно (волокна) химическим способом. Когда потенциал действия достигает нервного окончания, это становится сигналом к выбросу нейромедиатора **ацетилхолина**, который, проходя через нервно-мышечный синапс, вызывает возбуждение сарколеммы. После высвобождения достаточного количества ацетилхолина, потенциал действия распространяется вдоль сарколеммы, в результате чего волокно сокращается. Все мышечные волокна, в составе двигательной единицы сокращаются и вырабатывают усилие одновременно. Данные относительно того, что стимул со стороны двигательного нейрона вызывает сокращение только отдельных волокон, на данный момент получены не были. По аналогии с этим, более мощный потенциал действия не может вызвать более мощное сокращение. Данный феномен называют **законом “Все или ничего”** для мышечных волокон.

Любой потенциал действия, который передается через двигательный нейрон вызывает кратковременную активацию мышечных волокон, которые входят в состав данной двигательной единицы. Короткий период сокращения, который является результатом влияния потенциала действия, называется **одиночными мышечным сокращением**. Активация сарколеммы приводит к высвобождению кальция внутри всего мышечного волокна, в результате этого происходит сокращение, как было описано ранее. Усилие вырабатывается в том случае, если есть сопротивление взаимодействию актиновых и миозиновых филаментов. Несмотря на то, что объема кальция, высвобождаемого в процессе одиночного мышечного сокращения, достаточно для обеспечения оптимальной активации актина и миозина, а значит, для генерации волокнами усилия максимальной величины, кальций выводится до того, как усилие достигает максимума, и мышца расслабляется (Рисунок 1.8а).

Если двигательный нерв запускает второе одиночное мышечное сокращение до того, как волокна полностью расслабятся, то усилие двух одиночных сокращений будет суммироваться, а возникающее в результате суммирования усилие будет мощнее того, которое характерно для одиночного сокращения (Рисунок 1.8b). Снижение периода времени между одиночными сокращениями приводит к эффекту суммирования связывания поперечных мостиков, и более мощному усилию. Стимуляция может проходить со столь высокой частотой, что одиночные сокращения начинают накладываться друг на друга, и в конечном счете, полностью сливаться, что вызывает состояние под названием **тетанус** (Рисунок 1.8, изображения с и d). При тетанусе двигательная единица выдает максимальный уровень усилия.

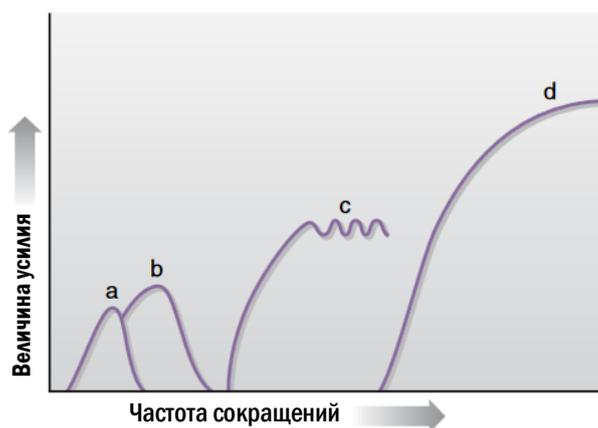


Рисунок 1.8 Одиночное мышечное сокращение, суммирование одиночных сокращений, и тетанус двигательной единицы: *a* = одиночное сокращение; *b* = усилие в результате суммирования двух сокращений; *c* = зубчатый тетанус; *d* = гладкий тетанус

Типы мышечных волокон

Скелетные мышцы состоят из мышечных волокон, которые имеют вкорме различные морфологические и физиологические характеристики. Наличие подобных отличий привело к появлению разнообразных систем классификации, в основе которых лежит широкий спектр критериев. Наиболее распространенный подход заключается в том, что ранжировать волокна на основании продолжительности периода одиночного сокращения, в результате чего стали использоваться такие термины как **медленносокращающиеся** и **быстророкращающиеся волокна**. В силу того, что двигательная единица состоит из волокон одного типа, ее также можно классифицировать, используя описанный выше принцип ранжирования. Быстророкращающаяся двигательная единица – это единица, в рамках которой развитие усилия и расслабление происходят за крайне малый период времени, а, следовательно, период одиночного сокращения такой единицы будет очень короткий. Напротив, медленносокращающиеся двигательные единицы развивают усилие и расслабляются относительно долго, вследствие чего, период одиночного сокращения таких единиц достаточно длительный.

Для того, чтобы классифицировать волокна на медленносокращающиеся и быстророкращающиеся зачастую используется метод гистохимического окрашивания для определения активности АТФазы миозина. Несмотря на то, что данный метод позволяет посредством окрашивания выявлять различные типы волокон, с помощью него, как правило, выявляются волокна трех типов:

- Тип I** (медленносокращающиеся),
- Тип IIa** (быстророкращающиеся),
- Тип IIx** (быстророкращающиеся).

Другой более узконаправленный метод заключается в количественном определении белка под названием тяжелая цепь миозина (ТЦМ).

В рамках данной классификации номенклатура белков аналогична номенклатуре из методологии, основанной на АТФазе миозина.

Различия в механических свойствах волокон Типа I и Типа II дополняются четко выраженными различиями в способности волокон получать и направлять энергию на сокращение, а, следовательно, и сопротивляться утомлению. Волокна Типа I, как правило, эффективны и устойчивы к утомлению, а также имеют высокую производительность в рамках процесса аэробного ресинтеза энергии, однако их потенциал в части мгновенной выработки усилия ограничен, что видно из низкой активности АТФазы миозина, а также низкой мощности процессов анаэробного ресинтеза энергии (2, 8).

Двигательные единицы Типа II, по факту, имеют противоположные свойства. Они характеризуются как малоэффективные и утомляемые, для них характерна низкая мощность аэробных процессов, крайне быстрое развитие усилия, высокая активность АТФазы миозина, и высокая мощность анаэробных процессов (2, 8). Волокна Типа IIa и Типа IIx в основном различаются мощностью действия аэробно-окислительной системы ресинтеза энергии. К примеру, волокна Типа IIa имеют более высокий потенциал в части аэробного энергетического обмена, кроме того, в сравнении с волокнами Типа IIx их окружает большее количество капилляров, а, следовательно, волокна Типа IIa более устойчивы к утомлению (3, 7, 9, 12). Зная подобные различия, вы не будете удивлены тем, что такие тонические (позные) мышцы как камбаловидная, в основном состоят из волокон Типа I, в то время как крупные, называемые фазическими мышцы, такие как группа мышц квадрицепса, имеют в своем составе волокна как Типа I, так и Типа II, что позволяет им осуществлять деятельность как с низкой, так и с высокой выходной мощностью (к примеру, бег трусцой и спринтерский бег соответственно). В Таблице 1.1 (см. ниже по тексту) представлены основные характеристики волокон различных типов.

Таблица 1.1 Основные характеристики мышечных волокон различных типов

Характеристика	Типы мышечных волокон		
	Тип I	Тип IIa	Тип IIx
Размер двигательного нейрона	Малый	Крупный	Крупный
Порог активации	Низкий	Средний/Высокий	Высокий
Скорость нервной проводимости	Низкая	Высокая	Высокая
Скорость сокращения	Низкая	Высокая	Высокая
Скорость расслабления	Низкая	Высокая	Высокая
Сопrotивляемость утомлению	Высокая	Средняя/Низкая	Низкая
Выносливость	Высокая	Средняя/Низкая	Низкая
Способность к выработке усилия	Низкая	Средняя	Высокая
Выдаваемая мощность	Низкая	Средняя/Высокая	Высокая
Содержание аэробных ферментов	Высокое	Среднее/Низкое	Низкое
Содержание анаэробных ферментов	Низкое	Высокое	Высокое
Сложность саркоплазматического ретикулула	Низкая	Средняя/Высокая	Высокая
Плотность капилляров	Высокая	Средняя	Низкая
Содержание миоглобина	Высокая	Низкое	Низкое
Размер и количество митохондрий	Высокие	Средняя	Низкая
Диаметр волокна	Малый	Средний	Крупный
Цвет	Красный	Белый/Красный	Белый

Двигательные единицы состоят из мышечных волокон с различными морфологическими и физиологическими характеристиками, что определяет их функциональные возможности

Паттерны (шаблоны) активации двигательных единиц

Основываясь на опыте, полученном в повседневной жизни, нам хорошо известно о том, что каждая мышца может выдавать различную мощность в зависимости от сложности конкретной задачи. Данная способность варьировать или переходить от одного уровня выдаваемой мощности к другому является крайне важным фактором с точки зрения выполнения двигательных шаблонов точных, сложнокоординационных и технически точных движений. Мышечная сила может варьироваться двумя способами. Один способ варьирования заключается в изменении частоты активации двигательной единицы. Так, если двигательная единица была активирована один раз, то мощность произошедшего в результате этого одиночного мышечного сокращения не будет высокой. Тем не менее, если частота активации будет увеличена до того уровня, когда усилия одиночных сокращений начнут перекрываться или суммироваться, то полученное в результате итоговое (суммарное) усилие будет гораздо мощнее. Данный метод варьирования выдаваемой мощности в особенности важен с точки зрения мелких мышц, как например, мускулатура ладони. Даже при низком пороге усилия, происходит активация преобладающей части двигательных единиц, несмотря на тот факт, что частота активации не высока. Мощность, выдаваемая мышцей в целом, повышается за счет увеличения частоты активации отдельных двигательных единиц. Другим способом варьирования мощности, выдаваемой скелетной мускулатурой, является повышения порога усилия за счет увеличения числа двигательных единиц,

участвующих в сокращении, данный процесс называется активация. В случае участия в работе крупной мускулатуры типа мышц бедра, двигательные единицы активируются практически с частотой тетануса. Увеличение мощности выдаваемого усилия достигается за счет активации дополнительных двигательных единиц.

Тип двигательной единицы, которая задействуется в выполнении той или иной задачи, определяется ее физиологическими характеристиками (см. Таблицу 1.2). В случае деятельности типа бега на длинные дистанции, задействуются медленносокращающиеся двигательные единицы, поскольку организм может с выгодой для себя использовать их преимущества, которые заключаются в высокой эффективности, значительном запасе выносливости и высокой сопротивляемости утомлению. Если атлету необходимо приложить дополнительное усилие, к примеру, в ситуации финишного ускорения (спурта) в конце забега, то для увеличения темпа бега задействуются быстросокращающиеся двигательные единицы; к сожалению, человеческий организм не в состоянии осуществлять физическую деятельность подобной интенсивности на протяжении длительного времени. Если текущий вид деятельности требует, чтобы мускулатура работала на субмаксимальной мощности, что характерно, к примеру, при взятии штанги на грудь, то в рамках данного процесса задействуется практически вся мускулатура, при этом быстросокращающиеся единицы вносят более весомый вклад в процесс выработки усилия. Активация 100% имеющихся двигательных нейронов для нетренированных людей представляется невозможной (4, 5, 6). Несмотря на тот факт, что активация крупных быстросокращающихся единиц может происходить в ситуации, когда перед атлетом стоит задача по выработке усилия значительной мощности, в большинстве случаев, по всей вероятности, не представляется возможным активировать их с достаточно высокой частотой для того, чтобы получить усилие максимальной мощности.

Таблица 1.2 Степень относительного задействования мышечных волокон типа I и II в различных видах спортивной деятельности

Вид деятельности	Тип I	Тип II
Спринтерский бег на 100 м	Низкая	Высокая
Бег на 800 м	Высокая	Высокая
Марафон	Высокая	Низкая
Олимпийское тяжелоатлетическое двоеборье	Низкая	Высокая
Футбол, лакросс, хоккей	Высокая	Высокая
Принимающий игрок в американском футболе	Низкая	Высокая
Линейный игрок в американском футболе	Низкая	Высокая
Баскетбол, командный гандбол	Низкая	Высокая
Волейбол	Низкая	Высокая
Подающий в бейсболе или софтболе	Низкая	Высокая
Бокс	Высокая	Высокая
Борьба	Высокая	Высокая
Плавание на 50 м	Низкая	Высокая
Легкоатлетические виды спорта	Низкая	Высокая
Биатлон и лыжные гонки по пересеченной местности	Высокая	Низкая
Теннис	Высокая	Высокая
Скоростной спуск и слалом на лыжах	Высокая	Высокая
Конькобежный спорт	Высокая	Высокая
Велогонки на трэке	Низкая	Высокая
Веломарафон	Высокая	Низкая
Гребля	Высокая	Высокая

Выдаваемая мышцей мощность может варьироваться посредством изменения частоты активации отдельных двигательных единиц или изменением количества активированных двигательных единиц.

Проприоцепция

Проприоцепторы – это специальные чувствительные рецепторы, которые располагаются в суставах, мышцах и сухожилиях. В силу того, что указанные рецепторы воспринимают сдавливающее и растягивающее воздействие, они направляют информацию касательно поведения мускулатуры в соответствующие отделы центральной нервной системы, которые отвечают за сознательное и бессознательное восприятие. Таким образом, головной мозг получает кинестетическую информацию, или, другими словами, осуществляет осознанную оценку положения различных частей тела в пространстве с учетом действия силы тяжести. Тем не менее, преобладающий объем кинестетической информации обрабатывается на бессознательном уровне, так что нам не нужно прикладывать осознанные усилия в части выполнения таких задач как сохранение позы или поддержание определенного положения частей тела в пространстве.

Проприоцепторы — это специальные чувствительные рецепторы, которые направляют в центральную нервную систему информацию, необходимую для поддержания мышечного тонуса и выполнения сложных координационных движений

Мышечные веретёна

Мышечные веретёна – это проприорецепторы, которые состоят из нескольких видоизмененных мышечных волокон, заключенных в оболочку из соединительной ткани (Рисунок 1.9). Эти видоизменённые волокна, которые называются **интрафузальными волокнами**, проходят параллельно нормальным, или **экстрафузальным**, волокнам. Мышечные веретёна направляют в соответствующие отделы информации касательно длины мышцы и скорости изменения длины. Когда мышца удлиняется, веретена растягиваются. Подобная деформация активирует чувствительный нейрон в веретене, вследствие чего импульс направляется в спинной мозг, где он синапсируется (обретает связь) с двигательными нейронами. В результате этого происходит активация двигательных нейронов, которые иннервируют ту же мышцу. Таким образом, веретёна сигнализируют об уровне, которого должна достигнуть активация, чтобы соответствующая мышца преодолела заданное сопротивление. По мере нарастания нагрузки, мышца растягивается в большей степени, при этом, рост объема включения мышечных веретён приводит в результате к увеличению степени активации мышцы в целом. Мышцы, которые отвечают за выполнение точных движений, имеют множество веретён на единицу массы, в целях обеспечения точного контроля над сократительной деятельностью. Простым примером действия мышечного веретена является коленный (пателлярный) рефлекс. Его действие выражается в том, что при легком ударе по сухожилию мышцы-разгибателя (четырёхглавой мышцы бедра) несколько ниже надколенника происходит растяжение волокон мышечных веретён. Это приводит к активации экстрафузальных волокон в составе той же мышцы.

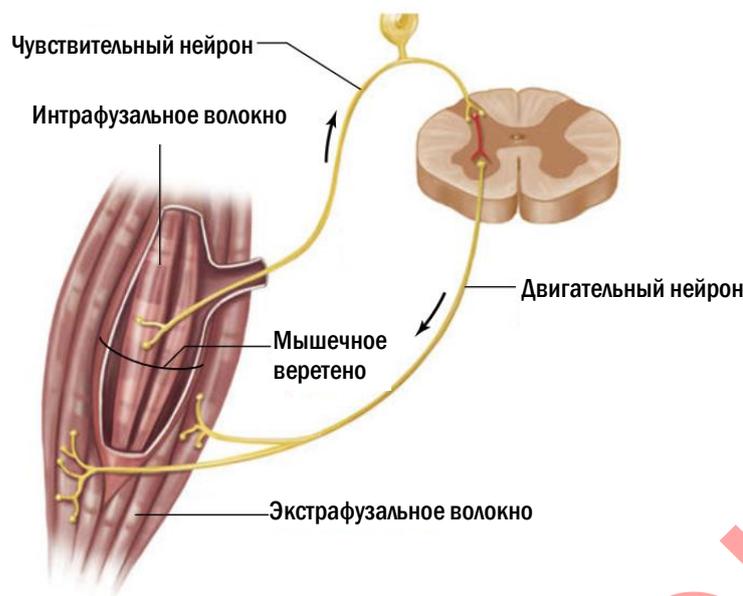


Рисунок 1.9 Мышечное веретено. Когда мышца растягивается, деформация мышечного веретена приводит к активации чувствительного нейрона, который направляет импульс в позвоночный столб, где он синапсируется (обретает связь) с двигательным нейроном, что заставляет мышцу сократиться.

Каким образом атлеты могут повысить мощность мышечной деятельности?

- Включить в программу тренинга этапы, в ходе которых используются более значительные уровни нагрузки, в целях оптимизации процесса активации элементов нервной системы.
- Увеличить площадь поперечника мышц, участвующих в соответствующем виде деятельности.
- Выполнять сложные многосуставные движения, в которых участвует значительный объем мускулатуры, более взрывным способом в целях оптимизации процесса активации быстросокращающихся мышечных волокон.

Коленный рефлекс срабатывает, когда указанные волокна активно укорачиваются. Это, в свою очередь, приводит к укорочению интрафузальных волокон, а также к тому, что они прекращают посылать нервный импульс.

Сухожильный орган Гольджи

Сухожильный Орган Гольджи (СОГ, нервно-сухожильное веретено) – это проприорецепторный орган, который располагается в местах соединения мышечных волокон с коллагеновыми пучками сухожилий. По отношению к мышце сухожильные органы организованы один за другим, или, другими словами, последовательно, при этом орган Гольджи покрывает капсула экстрафузальных мышечных волокон, которая плотно упакована нитями коллагена (Рисунок 1.10). Активация сухожильных органов Гольджи происходит, когда растягивается сухожилие, присоединенное к работающей мышце. По мере увеличения напряжения, растет количество сухожильных органов, включающихся в работу. Чувствительный нейрон СОГ синапсируется с ингибирующим вставочным нейроном (промежуточным нейроном, интернейроном) в позвоночном столбе, который, в свою очередь, образует связь и тормозит двигательный нейрон, который обслуживает ту же мышцу. Результатом данных взаимодействий является снижение напряжения в мышце и сухожилии.

Таким образом можно отметить, что мышечные

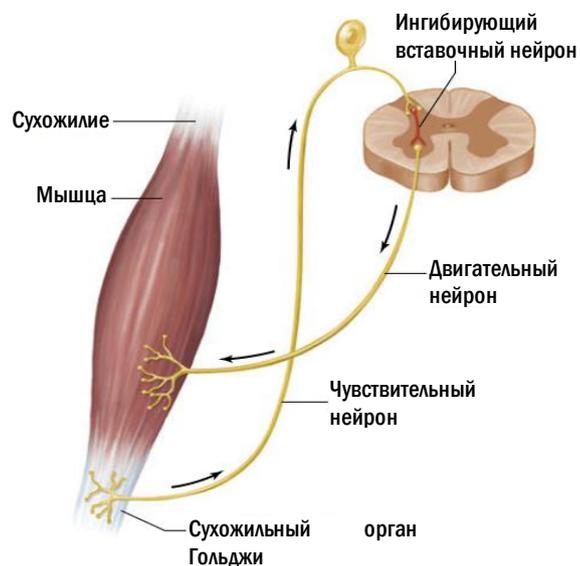


Рисунок 1.10 Сухожильный орган Гольджи (СОГ). В случаях, когда мышца подвергается крайне высокой нагрузке, происходит срабатывание СОГ. Чувствительный нейрон СОГ активирует ингибирующий вставочный нейрон в позвоночном столбе, который, в свою очередь образует связь и тормозит двигательный нейрон, который обслуживает ту же мышцу

веретена способствуют активации мышцы, а нервный сигнал от СОГ тормозит активацию мышцы.

Как представляется, процесс торможения через СОГ является механизмом, который защищает мышцу от чрезмерного напряжения. Отсюда следует, что влияние СОГ минимально при низком уровне нагрузки, однако, когда мышца подвергается крайне значительной нагрузке, то рефлекторное ингибирование (торможение), запускаемое сухожильным органом, заставляет мышцу расслабиться. Способность моторной коры головного мозга преодолевать данный механизм рефлекторного ингибирования может быть одним из фундаментальных адаптационных изменений в ответ на тренинг со значительным уровнем отягощений.

Сердечно-сосудистая система

Основной задачей сердечно-сосудистой системы является транспортировка питательных веществ и удаление отходов и продуктов метаболизма при одновременном поддержании состава среды, необходимой для поддержания всех функций организма. Сердечно-сосудистая система играет ключевую роль в регуляции кислотно-щелочного баланса, физиологических жидкостей и температуры тела, а также множества прочих функций. В данном разделе представлено описание анатомии и физиологии сердца и кровеносных сосудов.

Сердце

Сердце человека – это мышечный орган, состоящий из двух связанных друг с другом, но разделенных стенкой кардионасосов, правая сторона сердца прокачивает кровь через легкие, а другая сторона прокачивает кровь через системный круг кровообращения (т.е. обеспечивает кислородом и питательными веществами все органы и ткани). Каждый из кардионасосов состоит из двух камер: **предсердия** и **желудочка** (Рисунок 1.11). Через правое и левое предсердия кровь попадает в правый и левый желудочки. Правый и левый желудочки являются основными структурами, которые осуществляют прокачку крови через малый (легочный) и большой (системный) круги кровообращения соответственно (13).

Сердечные клапаны

Трикуспидальный (трехстворчатый) клапан и **митральный клапан** (бicuspidальный клапан) (в совокупности именуемые атриовентрикулярными [АВ] клапанами) препятствуют обратному кровотоку из желудочков в предсердия во время сокращения желудочков (**систола**). **Аортальный клапан** и **пульмональный клапан** (в совокупности именуемые **полулунные клапан**) препятствуют обратному току крови из аорты и легочных артерий в желудочки во время расслабления желудочков (**диастолы**). Каждый из клапанов открывается и закрывается пассивно, т.е. клапан закрывается, когда действие градиента противодействия приводит к тому, что кровь запирает клапан изнутри; клапан открывается, когда действие градиента напорного давления заставляет кровь течь в направлении по потоку (13).

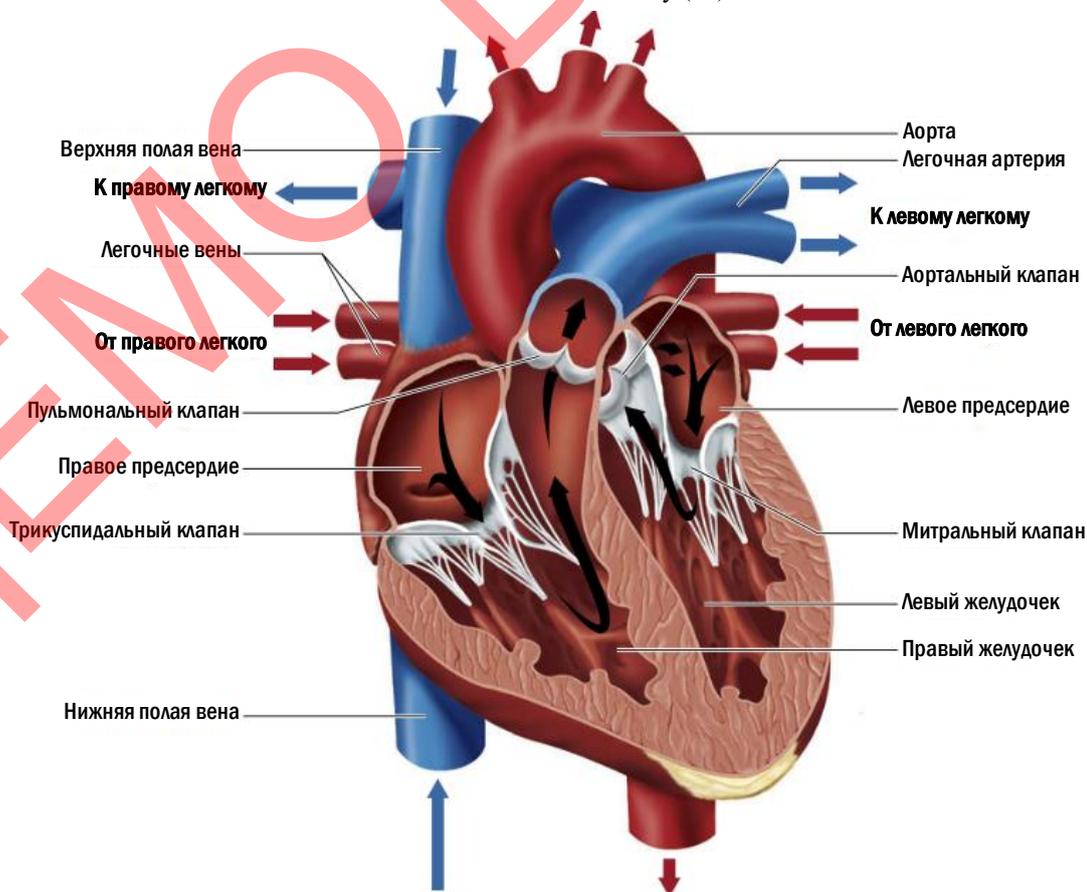


Рисунок 1.11 Анатомия сердца человека и схема движения крови через камеры

Проводящая система (сердца)

Механические сокращения сердечной мышцы контролируются специализированной системой, проводящей электрические сигналы (Рисунок 1.12). В состав Проводящей Системы Сердца (ПСС) входят:

- **синоатриальный узел (САУ)** – является естественным водителем ритма сердца – генерация электрических импульсов в нормальных условиях осуществляется клетками САУ;
- пучки межузлового быстрого проведения, которые проводят импульс от синоатриального узла к предсердно-желудочковому узлу;
- **предсердно-желудочковый узел (атриовентрикулярный узел, АВУ)**, в области АВУ происходит задержка проведения импульса, который затем идет в желудочки;
- **предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса, атриовентрикулярный пучок)**, проводит нервный импульс в желудочки и
- **левая и правая ножки пучка Гиса**, которые ветвятся и заканчиваются **волокнами Пуркинье**, а также и проводят импульсы в миокард желудочков.

Синоатриальный узел – это небольшая область специализированной мышечной ткани, которая расположена в верхней латеральной стенке правого предсердия.

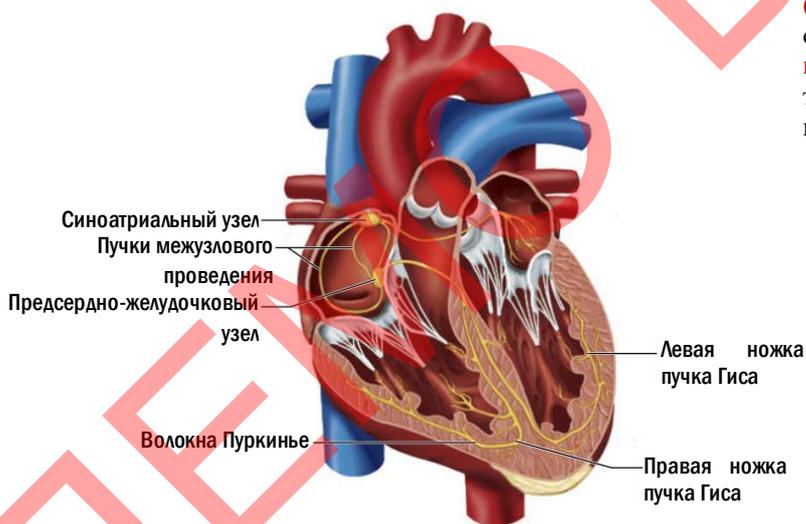


Рисунок 1.12 Проводящая система сердца.

В нормальных условиях САУ контролирует ритмическую генерацию импульсов в сердце, поскольку он создает значительно больше электрических импульсов на единицу времени (от 60 до 80 импульсов в минуту) в сравнении как с предсердно-желудочковым узлом (от 40 до 60 импульсов в минуту), так и с проводящими волокнами в ткани желудочков (от 15 до 40 импульсов в минуту).

Каждый раз, когда САУ генерирует импульс, этот импульс передается в предсердно-желудочковый узел и проводящие волокна желудочков, вызывая тем самым разрядку возбудимых мембран. Таким образом, указанные выше самовозбуждающиеся ткани теряют потенциал еще до того, как самовозбуждение может произойти. На характерные для **миокарда** (сердечной мышцы) свойства ритмического нагнетания крови в артерии и проведения импульсов воздействует **сердечно-сосудистый центр продолговатого мозга**, который направляет сигналы в сердце через **симпатическую и парасимпатическую нервные системы**, которые являются частями вегетативной нервной системы. В предсердиях имеется значительное количество симпатических и парасимпатических нейронов, в то время как миокард желудочков иннервирован весьма бедно. Стимуляция симпатических нервов ускоряет деполяризацию САУ (хронотропный эффект), что повышает частоту сердечных сокращений (ЧСС). Стимуляция парасимпатической нервной системы замедляет скорость генерации импульсов в САУ, что снижает ЧСС. В норме ЧСС покоя должна находиться в промежутке от 60 до 100 ударов в минуту; ЧСС ниже 60 уд/мин называют **брадикардией**, а выше 100 уд/мин **тахикардией**, причем оба состояния считаются нарушениями.

Электрокардиограмма

Электрическую активность сердца можно записать, разместив специализированные электроды на поверхности тела; графическое отображение данной активности называют **электрокардиограммой (ЭКГ)**. Графически, ЭКГ при нормальной работе сердца (см. Рисунок 1.13), состоит из **зубца P**, **комплекса QRS** (комплекс QRS часто состоит из трех отдельных зубцов, а именно: зубца Q, зубца R, и зубца S), и **зубца T**.

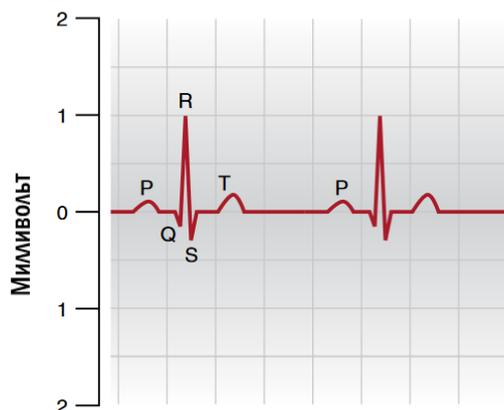


Рисунок 1.13 Кардиограмма при нормальной работе сердца

Зубец P и комплекс QRS являются графическим отображением явления электрической деполяризации, т.е. электрической стимуляции, которая вызывает механическое сокращение.

Деполаризация – это изменение электрического потенциала мембраны, посредством которого в норме отрицательный потенциал внутри мембраны становится слабо положительным, а снаружи мембраны слабо отрицательным. Зубец Р получается за счет изменений электрического потенциала клеток сердечной мышцы, которые вызывают деполаризацию ткани предсердий, что в результате приводит к сокращению предсердий. Комплекс QRS создается действием электрического потенциала, который вызывает деполаризацию желудочков, что в результате приводит к сокращению желудочков. В противоположность этому, зубец Т создается действием электрического потенциала, который генерируется в момент, когда желудочки восстанавливаются от состояния деполаризации; данный процесс называется **реполаризация**, он возникает в тканях желудочковой мускулатуры вскоре после деполаризации. Несмотря на то, что реполаризация также происходит и в предсердиях, формирование характерного для нее зубца, как правило, происходит во время деполаризации желудочков, а значит, она маскируется комплексом QRS (13).

Кровеносные сосуды

Центральная и периферическая части формируют единую закрытую систему кровообращения; она состоит из двух компонентов: **артериальной системы**, которая транспортирует кровь из сердца, и **венозной системы**, которая направляет кровь обратно в сердце (Рисунок 1.14). Ниже будет представлен состав кровеносных сосудов каждой из систем.

Артерии

Функция **артерий** заключается в быстрой транспортировке крови от сердца к органам. В силу того, что кровь прокачивается сердцем под относительно высоким давлением, артерии имеют толстые мускульные стенки. Более мелкие ветви артерий, которые называются **артериолами**, выступают в качестве регуляторных сосудов, через которые кровь попадает в капилляры. Артериолы играют основную роль в регуляции кровотока к капиллярам. Артериолы также имеют толстые мускульные стенки, которые могут полностью закрывать просвет или во много раз увеличивать диаметр сосуда, таким образом изменяя параметры кровотока в ответ на запрос со стороны соответствующих тканей (13).

Капилляры

Функция **капилляров** заключается в способствовании обмену кислородом, жидкостями, питательными веществами, электролитами, гормонами и прочими веществами между кровью и (внутри)тканевыми жидкостями различных тканей организма. Стенки капилляров очень тонкие, они проницаемы для перечисленных выше, но далеко не всех веществ (13)

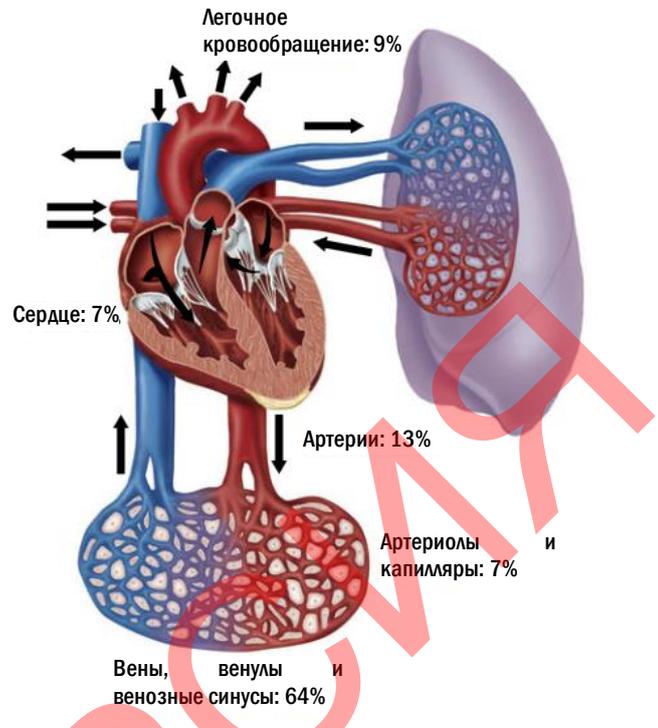


Рисунок 1.14 Артериальная (справа) и венозная (слева) части системы кровообращения. Величинами в процентах обозначены доли распределения общего объема крови в системе кровообращения в состоянии покоя.

Вены

Венулы обеспечивают отток обедненной кислородом крови от капилляров к более крупным по диаметру венам, которые доставляют кровь обратно в сердце. В силу того, что давление в венозной системе относительно низкое, стенки вен достаточно тонкие, хотя также обладают мускулатурой. Это позволяет сосудам данного типа сужаться или расширяться в достаточно широких пределах, и, тем самым, выступать в качестве резервуара для крови, емкость которого может меняться от небольшой до достаточно значительной (13). Кроме того, в некоторых венах, например, в венах ног, имеются одноходовые клапаны, которые предотвращают обратный (ретроградный) кровоток.

Основной функцией сердечно-сосудистой системы является доставка питательных веществ и удаление продуктов жизнедеятельности организма, при одновременном поддержании нужной среды для выполнения организмом всех функций. С помощью кровотока кислород транспортируется от легких к тканям для его участия в процессах метаболизма на клеточном уровне; через кровоток также удаляется углекислый газ, который является преобладающим по концентрации отходом обменных процессов. Углекислый газ собирается от тканей к легким, где он выводится из организма.

Кровь

Двумя первостепенными функциями крови является: доставка кислорода от легких к тканям для использования кислорода в процессах метаболизма на клеточном уровне, а также удаление углекислого газа, который является преобладающим по концентрации отходом обменных процессов. Углекислый газ собирается от тканей к легким, где он выводится из организма. Транспорт кислорода осуществляется **гемоглобином**, т.е. молекулами железосодержащего белка, который переносится **красными кровяными тельцами** (эритроцитами). У гемоглобина есть одна крайне важная функция, он выполняет буферную функцию поддержания постоянства кислотно-щелочного баланса в тканях организма, т.е. регуляции концентрации ионов водорода, что критически важно с точки зрения скорости течения химических реакций на клеточном уровне. Красные кровяные тельца, основной компонент крови, также выполняют и прочие функции. К примеру, они содержат большое количество карбоангидразы, которая ускоряет (катализирует) реакцию между углекислым газом и водой, что способствует выведению углекислого газа.

Дыхательная система

Основная функция дыхательной (респираторной) системы заключается в обмене кислородом и углекислым газом со внешней средой. Анатомия дыхательной системы человека показана на Рисунке 1.15. После того, как воздух проходит через нос, носовой полостью выполняются три основных функции, а именно: нагревание, увлажнение и очищение воздуха (13). Затем, воздух доставляется в легкие последовательно через трахею, бронхи и бронхиолы. **Трахею** называют дыхательным путем первого порядка, а правый и левый основные **бронхи** – дыхательными путями второго порядка; причем в этой последовательности также существуют дыхательные органы более мелкого (конечного) порядка, которые называются **бронхиолами**. Воздуху необходимо преодолеть структуры примерно 23 порядков, прежде чем он достигнет альвеол, где происходит обмен газами в процессе дыхания (13)

Что такое Пампинг скелетных мышц?

Пампинг скелетных мышц – это мера содействия, которую система кровообращения может получать со стороны сокращающейся мускулатуры. Пампинг мышц воздействует на венозную систему, в которой имеются односторонние клапаны, предназначенные для возврата крови в сердце. Сокращение мускулатуры оказывает сдавливающее влияние на венозную систему, однако, учитывая тот факт, что кровь может течь только в направлении действия клапана, она возвращается к сердцу. Действие данного механизма является одной из причин, по которой людям рекомендуют отдыхать на ходу после выполнения упражнений в целях избежания депонирования крови в нижних конечностях. В то же время, важно периодически напрягать мускулатуру во время длительного сидения для того, чтобы облегчить возврат крови к сердцу.

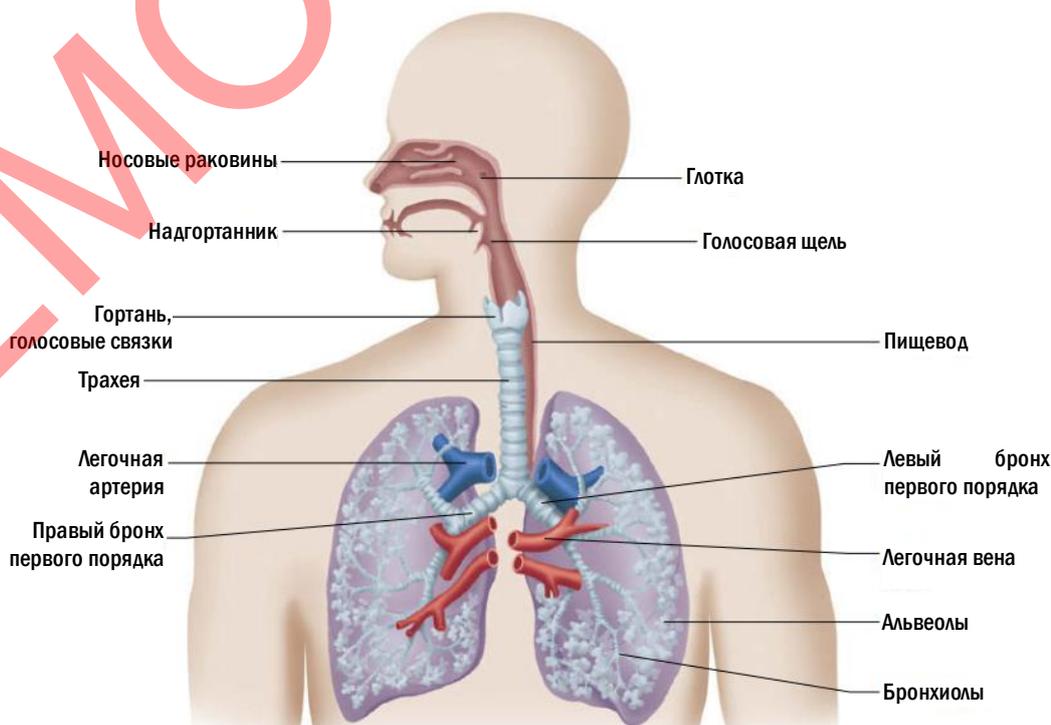


Рисунок 1.15 Укрупненное представление анатомии дыхательной системы человека

Основная функция дыхательной системы заключается в обмене кислородом и углекислым газом между организмом и внешней средой.

Воздухообмен

Объем и скорость движения вдыхаемого и выдыхаемого воздуха контролируется расширением и сужением грудной клетки, и соответствующими изменениями объема легких. Изменение объема легких происходит не за счет их самостоятельной деятельности, а в силу двух видов воздействия:

- посредством того, что диафрагма опускается и поднимается, что приводит к увеличению и уменьшению вертикального габарита грудной полости
- посредством того, что поднимаются и опускаются ребра, что приводит к увеличению и уменьшению площади поперечного сечения грудной полости (13).

Обычное спокойное дыхание, как правило, осуществляется практически полностью за счет деятельности диафрагмы. В процессе вдоха, сокращение диафрагмы приводит к тому, что давление в грудной клетке падает ниже атмосферного (создается разрежение), в результате чего воздух втягивается в легкие. В процессе выдоха диафрагма фактически расслабляется; действие сил упругой деформации (эластической тяги) легких, стенки грудной клетки, а также различных структур брюшной полости приводит к тому, что легкие сжимаются и воздух вытесняется из легких. При интенсивном дыхании действия сил упругой деформации уже недостаточно для обеспечения необходимой дыхательной реакции. Требуется дополнительное усилие, которое вырабатывается в основном за счет сокращения мышц брюшного пресса, это усилие заставляет брюшную полость переместиться вверх в направлении нижней части диафрагмы (13).

Второй метод увеличения объема легких заключается в подъеме грудной клетки. В силу того, что в состоянии покоя грудная полость имеет сравнительно небольшой объем, а ребра опущены, подъем стенок грудной клетки позволяет раздвинуть и сместить ребра вперед, таким образом, что грудина может начать смещаться вперед, в результате чего, расстояние от грудины до позвоночника увеличивается. Мускулатура, посредством которой осуществляется подъем грудной клетки называется мышцами вдоха, в состав данной мускулатуры входят наружные межреберные мышцы, грудино-ключично-сосцевидная мышца, передняя лестничная мышца, а также средняя и задняя лестничные мышцы. Мышцы, которые выполняют опускание грудной клетки, называются мышцами выдоха, к ним относят мускулатуру брюшной полости (прямая мышца живота, наружные и внутренние косые мышцы живота, поперечная мышца живота), а также внутренние межреберные мышцы (13)

Плевральное давление – это давление в узкой щели между легочным и париетальным листками плевры (мембранной оболочки, которой покрыта поверхность легких и стенка грудной полости).

Величина плеврального давления, как правило, ниже атмосферного. В силу того, что ткань легкого является эластичной структурой, при нормальном вдохе увеличение объема грудной клетки может привести к тому, что на поверхности легких будет оказываться дополнительное растягивающее воздействие, что приводит к еще большему разрежению, что, тем самым, увеличивает мощность вдоха. Во время выдоха данная последовательность событий, по сути, повторяется в обратном порядке (13).

Альвеолярное давление – это давление газа в альвеолах легких, когда голосовая щель открыта и токи воздуха из легких и в легкие отсутствуют. Фактически, при подобной ситуации давление в дыхательных путях всех порядков вплоть до альвеол одинаковое и равняется атмосферному. Для того, чтобы воздух втягивался в легкие во время вдоха, давление газа в альвеолах должно опуститься немного ниже атмосферного. В процессе выдоха, альвеолярное давление должно подняться выше атмосферного (13).

При нормальном дыхании в состоянии покоя, для вентиляции легких со стороны организма требуются энергозатраты на уровне в 3% - 5% от общих энергозатрат. В ходе физической деятельности со значительным уровнем отягощения, энергозатраты, связанные с вентиляцией легких могут увеличиваться до уровня в 8% - 15% от общих энергозатрат организма, в особенности в ситуации, когда у человека наблюдается сопротивление дыхательных путей, что может отмечаться при бронхиальной астме физического усилия. В зависимости от степени развития патологии, следует предпринимать различные меры предосторожности, включая поход к врачу для оценки возможных последствий.

Обмен газовой дыхательной смесью

В ходе вентиляции легких, кислород путем диффузии попадает из альвеол в легочный кровоток, в то время как углекислый газ посредством диффузии попадает из кровотока в альвеолы. В данном случае, процесс диффузии заключается в простейшем беспорядочном движении молекул в противоположном направлении через альвеолярно-капиллярную мембрану. Энергия, затрачивая на процесс диффузии, обеспечивается движением (кинетической энергией) самих молекул. Процесс диффузии распространяется из областей с наибольшей концентрацией к областям с наименьшей концентрацией. Скорость диффузии двух газов зависит от их концентраций в капиллярах и альвеолах, а также парциального давления каждого газа (13).

В состоянии покоя, парциальное давление кислорода в альвеолах примерно на 60 мм рт.ст. выше, чем в легочных капиллярах. Таким образом кислород в процессе диффузии попадает в кровь в легочных капиллярах. Аналогичным образом протекает процесс диффузии углекислого газа в обратном направлении. Процесс газообмена протекает с настолько высокой скоростью, что его принято считать мгновенным (13).

Насколько важно тренировать дыхательную мускулатуру?

Регулярный тренинг рассматривается в качестве благоприятного фактора с точки зрения поддержания функциональности дыхательной мускулатуры. Адаптационные изменения со стороны дыхательной мускулатуры могут быть вызваны как упражнениями на выносливость (которые вынуждают дыхательную мускулатуру совершать длительные серии сократительных действий), так и упражнениями с отягощениями (которые утомляют диафрагму, а также мускулатуру брюшной полости в особенности в силу того, что данные мышцы используются для стабилизации положения и увеличения внутрибрюшного давления [метод Вальсальвы] под действием нагрузки). Адаптационные изменения могут способствовать тому, что дыхательная система будет сохранять функциональность даже в преклонном возрасте. Тем не менее, в общем случае необходимость дополнительной тренировки, как правило, отсутствует, за исключением случаев, когда человек восстанавливается после оперативного вмешательства или во время длительного нахождения на постельном режиме, когда нормальный характер дыхания нарушен.

Заключение

Знание анатомии и физиологии опорно-двигательного аппарата, скелетно-мышечной, нервно-мышечной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем является крайне важным с точки зрения профессионалов в области силовой и кондиционной подготовки, это необходимо для того, чтобы располагать научной базой для деятельности, направленной на развитие выносливости. Это требует наличия знаний о том, как организованы мышечные волокна и скелет на микро- и макроуровнях, а также понимания типов мышечных волокон; особенностей взаимодействия между связочным и мышечным аппаратом, взаимодействий между двигательными единицами и органами их активации, а также связи между сердцем, сосудистой системой, легкими и дыхательной системой. Данная информация является необходимой для выработки тренировочных стратегий, направленных на решение конкретных тренировочных задач атлета.

Ключевые термины

А-диск	Зубец Р	Предсердие
Г-диск	Зубец Т	Предсердно-желудочковый пучок
Т-трубочка	Интрафузальные волокна	Предсердно-желудочковый узел
Z-линия	Капилляр	Проксимальный
Актин	Комплекс QRS	Проприорецептор
Альвеола	Красное кровяное тельце	Протомиофибрилла
Альвеолярное давление	Левая ножка Пучка Гиса	Пульмональный клапан
Аортальный клапан	Медленносокращающееся волокно	Пучок нервов
Артериальная система	Миозин	Реполаризация
Артериола	Миокард	Саркоlemma
Артерия	Миофибрилла	Саркомер
Атриоventрикулярные клапаны	Митральный клапан	Саркоплазма
Ацетилхолин	Многоосные суставы	Саркоплазматический ретикулум
Брадикардия	Мышечное веретено	Симпатическая нервная система
Бронхи	Мышечное волокно	Синоатриальный узел (САУ)
Бронхиола	Мышечное волокно Типа I	Синовиальная жидкость
Быстрсокращающееся волокно	Мышечное волокно Типа IIa	Синовиальное соединение
Вена	Мышечное волокно Типа IIx	Систола
Венозная система	Нервно-мышечный синапс	Сухожилие
Венула	Н-зона	Сухожильный орган Гольджи (СОГ)
Верхний	Нижний	Тахикардия
Волокна Пуркинье	Одиночное сокращение	Теория скользящих нитей
Гемоглобин	Одноосные суставы	Тетанус
Гиалиновый хрящ	Осевой скелет	Трахея
Двигательная единица	Парасимпатическая нервная система	Трикуспидальный клапан
Двигательный нейрон	Перимизий	Тропомизин
Двухосные суставы	Периост	Тропонин
Деполаризация	Плевра	Фиброзное соединение
Диастола	Плевральное давление	Хрящевое соединение
Дистальный	Позвоночный столб	Экстрафузальные волокна
Диффузия	Полулунные клапаны	Электрокардиограмма (ЭКГ)
Добавочный скелет	Поперечный мостик	Эндомизий
Желудочек	Потенциал действия	Эпимизий
Закон "Все или ничего"	Правая ножка Пучка Гиса	Эффективный удар

Вопросы для закрепления материала

1. Какое из перечисленных ниже веществ регулирует мышечную деятельность?
 - a. калий
 - b. кальций
 - c. тропонин
 - d. тропомиозин
2. Какое из перечисленных ниже веществ действует в области нервно-мышечного синапса, выполняя возбуждение мышечных волокон двигательной единицы?
 - a. ацетилхолин
 - b. АТФ
 - c. креатинфосфат
 - d. серотонин
3. При броске бейсбольного мяча, ладонь атлета растягивается на короткое время непосредственно перед тем, как мяч теряет контакт с пальцами. Какая из перечисленных ниже структур воспринимает и отвечает на описанное выше растяжение посредством рефлекторного повышения активности мускулатуры?
 - a. Сухожильный орган Гольджи
 - b. мышечное веретено
 - c. экстрафузальные мышечные волокна
 - d. тельца Пачини
4. В какой области в нормальных условиях создается электрический импульс, обуславливающий сердечное сокращение?
 - a. предсердно-желудочковый узел
 - b. синоатриальный узел
 - c. мозг
 - d. симпатическая нервная система
5. Какие события, как правило, происходят во время индикации комплекса QRS на типовой кардиограмме?
 - I. деполяризация предсердия
 - II. реполяризация предсердия
 - III. реполяризация желудочка
 - IV. деполяризация желудочка
 - a. только I и III
 - b. только II и IV
 - c. I, II, и III
 - d. II, III, и IV

Список использованной литературы

Глава 1 Состав и функции различных систем организма

1. Billeter, R, and Hoppeler, H. Muscular basis of strength. In *The Encyclopaedia of Sports Medicine: Strength and Power in Sport*. 2nd ed. Komi, PV, ed. Oxford: Blackwell Science, 50-72, 2003.
2. Castro, MJ, Apple, DF, Staron, RS, Campos, GER, and Dudley, GA. Influence of complete spinal cord injury on skeletal muscle within six months of injury. *J Appl Physiol* 86:350-358, 1999.
3. Castro, MJ, Kent-Braun, JA, Ng, AV, Miller, RG, and Dudley, GA. Fiber-type specific Ca²⁺ actomyosin ATPase activity in multiple sclerosis. *Muscle Nerve* 21:547-549, 1998.
4. Dudley, GA, Czerkawski, J, Meinrod, A, Gillis, G, Baldwin, A, and Scarpone, M. Efficacy of naproxen sodium for exercise-induced dysfunction, muscle injury and soreness. *Clin J Sport Med* 7:3-10, 1997.
5. Dudley, GA, Harris, RT, Duvoisin, MR, Hather, BM, and Buchanan, P. Effect of voluntary versus artificial activation on the relation of muscle torque to speed. *J Appl Physiol* 69:2215-2221, 1990.
6. Harris, RT, and Dudley, GA. Factors limiting force during slow, shortening muscle actions in vivo. *Acta Physiol Scand* 152:63-71, 1994.
7. Hather, BM, Tesch, PA, Buchanan, P, and Dudley, GA. Influence of eccentric actions on skeletal muscle adaptations to resistance. *Acta Physiol Scand* 143:177-185, 1991.
8. Hunter, GR, Bamman, MM, Larson-Meyer, DE, Joanisse, DR, McCarthy, JP, Blaudeau, TE, and Newcomer, BR. Inverse relation-ship between exercise economy and oxidative capacity in muscle. *Eur J Appl Physiol* 94:558-568, 2005.
9. Kent-Braun, JA, Ng, AV, Castro, MJ, Weiner, MW, Dudley, GA, and Miller, RG. Strength, skeletal muscle size and enzyme activity in multiple sclerosis. *J Appl Physiol* 83:1998-2004, 1997.
10. Klug, GA, and Tibbits, GF. The effect of activity on calcium mediated events in striated muscle. In *Exercise and Sport Science Reviews*. Pandolf, KB, ed. New York: Macmillan, 1-60, 1988.
11. Mudd, LM, Fornetti, W, and Pivarnik, JM. Bone mineral density in collegiate female athletes: Comparisons among sports. *J Athl Train* 42:403-408, 2007.
12. Ploutz, LL, Biro, RL, Tesch, PA, and Dudley, GA. Effect of resistance training on muscle mass involvement in exercise. *J Appl Physiol* 76:1675-1681, 1994.
13. Tortora, GJ, and Derrickson, B. *Principles of Anatomy and Physiology*. Hoboken, NJ: Wiley, 259, 292-304, 692-699, 704-711, 730-737, 849-852, 857-860, 865-866, 2014.



ГЛАВА 2

Биомеханика упражнений с отягощениями

Автор главы Джеффри МакБрайд, Доктор наук

После прочтения этой главы вы сможете

- идентифицировать основные компоненты скелетной мускулатуры
- дать описание различий между тремя видами рычагов, создаваемых скелетной мускулатурой
- обозначить основные типы движений, которые характерны для спортивной и тренировочной деятельности, на основании знаний из области анатомии
- выполнить расчет линейной и окружной работы и мощности
- дать описание факторов, которые обуславливают силовые и мощностные возможности организма человека
- оценить силы сопротивления и двигательные шаблоны при тренинге на различных тренажерах
- обозначить факторы, которые имеют важное значение с точки зрения биомеханики суставов при выполнении тех или иных упражнений

Знание биомеханики является крайне важным для понимания особенностей природы движений человека, включая и те, которые характерны для различных видов тренинга и спорта. **Биомеханика** изучает движения и механические явления, которые возникают в результате взаимодействия компонентов опорно-двигательного аппарата. Понимание того, каким образом выполняются движения, а также того, каким образом каждое движение нагружает определенные части опорно-двигательного аппарата, способствует разработке травмобезопасных и эффективных программ силового тренинга. В начале данной главы даются общие сведения о скелетной мускулатуре, механике движений человеческого тела, а также об основных двигательных шаблонах, которые характерны для спортивной и тренировочной деятельности. В этой главе рассказывается о принципах биомеханики, которые связаны со способностью человеческого организма демонстрировать силовые и мощностные возможности. Кроме того, дается описание основных источников сопротивления мышечным сокращениям, которые используются при тренинге на различных тренажерах – включая силу тяжести, инерцию, трение, гидравлическое сопротивление и упругую деформацию. Затем мы обратимся к тем аспектам тренинга с отягощениями, которые имеют связь с биомеханикой суставов (с особым акцентом на плечевые и коленные суставы, а также позвоночник).

Скелетная мускулатура

Для того, чтобы произошло движение или было создано усилие, направленное на отталкивание какого-либо предмета из внешней среды, оба конца скелетной мышцы должны быть присоединены к кости посредством соединительной ткани. В классической анатомии **проксимальный** (расположенный ближе к центральной линии тела) конец мышцы считают местом **начала** мышцы, а **дистальный** (расположенный дальше от центральной линии тела) конец – местом **прикрепления** мышцы. В некоторых случаях точкой начала мышцы считают менее подвижную структуру, а местом прикрепления – более мобильную структуру. Подобное определение может вызвать путаницу между местом начала мышцы и местом ее прикрепления. К примеру, при выполнении подъема туловища на пресс из положения лежа с прямыми ногами местом начала подвздошной мышцы является бедренная кость в силу того, что она относительно неподвижна в рамках данного движения. При этом таз более подвижен, и, следовательно, его следует признать местом прикрепления мышцы. Тем не менее, при выполнении такого упражнения как подъем ног лежа теперь уже таз играет роль относительно малоподвижного элемента скелета, а значит, он должен считаться местом начала мышцы, в то время как более мобильная в этом положении бедренная кость теперь должна считаться местом прикрепления. Таким образом, традиционное определение обладает наибольшей последовательностью и логичностью.

Мышцы прикрепляются к костям различными способами.

Наличие **мясистой части** в месте соединения, как правило, характерно для проксимального конца мышцы, где мышечные волокна напрямую присоединяются к кости, обычно к достаточно значительной по площади поверхности, в результате чего усилие распределяется по всей поверхности, а не локализуется на каком-либо небольшом участке. **Фиброзные соединительные ткани**, такие, как например, **сухожилия**, неразрывно связаны и контактируют как с апоневрозом мышцы, так и с соединительной тканью, которая окружает кость. В них также имеются дополнительные волокна, которые переходят в саму кость. Таким образом, подобные места соединения являются очень надежными и устойчивыми к нагрузкам.

Практически любое движение тела требует задействования и работы более одной мышцы. Мышца, которая в наибольшей степени напрямую задействуется в процессе выполнения движения, называется мышцей-мобилизатором, или **агонистом**. Мышца, которая способна затормозить или прекратить движение, порожденное мышцей-мобилизатором, называется **антагонистом**. Деятельность мышц-антагонистов способствует стабилизации сустава, а также торможению конечности в ходе конечной стадии быстрого движения, таким образом, защищая связочные и **хрящевые структуры** в суставе от воздействия потенциально разрушительных сил. Например, в момент броска, трицепс выступает в качестве агониста, выполняя разгибание руки в локтевом суставе, и разгоняя мяч. По мере того, как конфигурация локтевого сустава приближается к положению полного разгибания, в работу включается бицепс, который начинает действовать в качестве антагониста, тормозя процесс разгибания в локте и снижая угловую скорость движения предплечья до нулевой, что, тем самым, защищает внутренние структуры локтевого сустава от разрушительного соударения.

Мышцу называют синергистом, когда она косвенным путем участвует в выполнении движения. К примеру, мускулатура, выполняющая роль стабилизации лопатки, действует в качестве синергиста при движениях плечевой части рук (плечевой кости). Если бы такие мышцы-синергисты отсутствовали, то весь объем мускулатуры, непосредственно отвечающей за подъем плечевой части руки (и крепящейся в основном в районе лопатки) был бы уже не настолько эффективен с точки зрения выполнения данного движения. Синергисты также необходимы для контроля движений тела, в ситуациях, когда мышца-агонист пересекает два сустава. К примеру, прямая мышца бедра, которая является самой длинной из всех 4 головок четырехглавой мышцы бедра, пересекает и тазобедренный и коленный суставы, при сокращении выполняя сгибание в тазобедренном и разгибание в коленном суставе. Возврат в исходное положение из глубокого приседа требует, чтобы разгибание произошло как в тазобедренном, так и в коленном суставах. Если прямая мышца бедра должна разгибать ногу в колене по мере того, как человек встает из положения приседа, при этом не наклоняя туловище вперед, то мышцы-разгибатели бедра (такие как, большая ягодичная мышца) должны действовать в качестве синергиста для того, чтобы противодействовать сгибанию в тазе, которое в ином случае стало бы результатом напряжения прямой мышцы бедра.

Рычаги в опорно-двигательном аппарате

Несмотря на тот факт, что в нашем теле имеется достаточно много мышц, которые не действуют посредством эффекта рычага (к ним можно отнести мимическую мускулатуру лица, мышцы, управляющие движениями языка, мускулатуру сердца, артерий и сфинктеров), те движения, которые характерны для различных видов спортивной и тренировочной деятельности, в основном осуществляются с помощью костных рычагов в нашем скелете. Для того, чтобы понимать, как тело решает задачи, заключающиеся в выполнении подобных движений, требуются базовые знания из области теории рычагов. Здесь необходимо дать несколько определений.

Рычаг первого рода – это рычаг, в котором мышечное усилие и сила сопротивления действуют с разных сторон от точки опоры рычага (см. Рисунок 2.2).

Точка опоры – ось поворота или опорная зона рычага.

Рычаг – твердое или полутвердое тело, которое способно сообщать усилие любому объекту, препятствующему вращению вокруг точки опоры, при условии, что вектор приложенного к рычагу усилия не проходит через точку опоры (Рисунок 2.1).

Выигрыш в силе – это отношение длины плеча рычага, посредством которого выражается действие приложенного усилия, к длине плеча рычага, посредством которого выражается действие силы сопротивления (Рисунок 2.1). Для того, чтобы установилось состояние равновесия между действием крутящего момента приложенной силы и крутящим моментом силы сопротивления, необходимо, чтобы произведение мышечного усилия на плечо силы, посредством которого выражается действие мышечного усилия, равнялось произведению силы сопротивления на плечо силы, посредством которого она выражается.

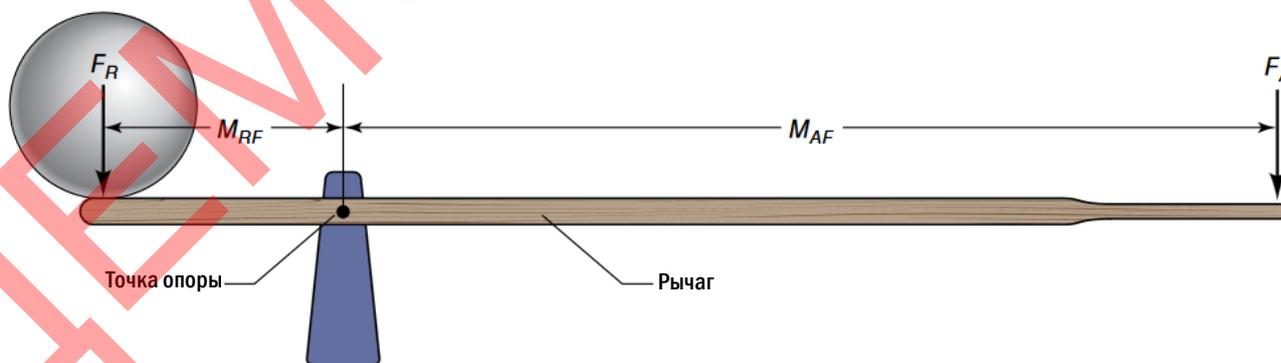


Рисунок 2.1 Рычаг. С помощью рычага можно сообщать усилие, направленное по касательной к траектории вращения рычага, от точки контакта, принадлежащей поверхности рычага, к другой. F_A = сила, прилагаемая к рычагу; M_{AF} = плечо прилагаемой силы; F_R = сила сопротивления вращению рычага; M_{RF} = плечо силы сопротивления. Рычаг сообщает объекту усилие, которое равно по абсолютной величине, и при этом направлено обратно действию силы сопротивления F_R .

Таким образом, выигрыш в силе, выражающийся в виде отношения со значением, превышающим 1.0, позволяет прилагать такое (мышечное) усилие, которое по величине ниже, чем сила сопротивления, но вызывает такой же крутящий момент. Верно и обратное, расчетный выигрыш в силе, значение которого ниже величины в 1.0 свидетельствует о том, что человеку придется приложить (мышечное) усилие, более значительное в сравнении с величиной силы сопротивления, что создает для мускулатуры очевидно невыгодные условия.

Плечо силы (также называемое плечо рычага или плечо передачи вращающего момента) – это кратчайшее расстояние (перпендикуляр) между линией действия силы и связанной с ней точкой опоры. Линия действия силы – это бесконечная линия, которая проходит через точку приложения силы в направлении приложения усилия.

Мышечное усилие – это усилие, вырабатываемое в результате биохимической активности организма или растяжения несократительной ткани, которая имеет свойство притягивать противоположные концы мышцы друг к другу.

Сила сопротивления – это усилие, которое является результатом действия внешних сил (например, силы тяжести, инерции, силы трения), и направлено в сторону, противоположную действию мышечного усилия.

Рычаг второго рода – это рычаг, в котором мышечное усилие и сила сопротивления расположены и действуют на одной и той же стороне от точки опоры, при этом, действие мышечного усилия выражается через плечо силы, которое длиннее плеча силы, посредством которого выражается действие силы сопротивления. В качестве примера можно привести работу икроножных мышц при подъеме тела на подушки стоп (выполнении упражнения “подъем на носки”), см. Рисунок 2.3. Поскольку в данной ситуации имеется выигрыш в силе (т.е. относительно длинное плечо силы), то мышечное усилие, требуемое для выполнения данной задачи, будет меньше, чем сила сопротивления (масса тела).

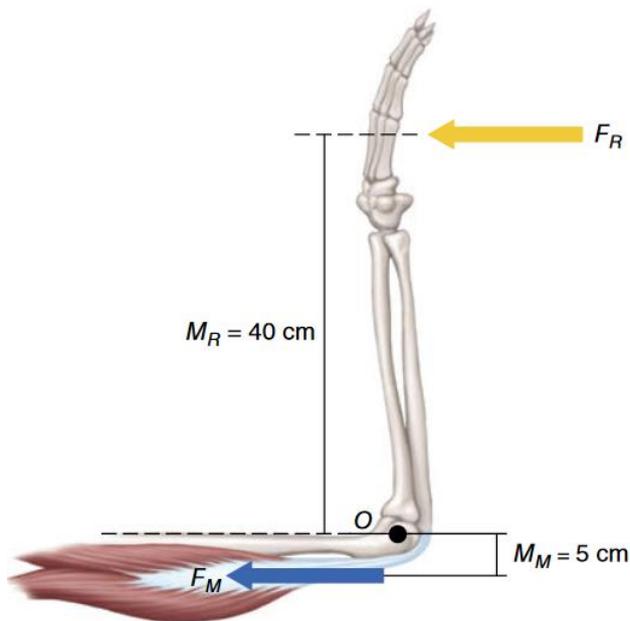


Рисунок 2.2 Рычаг первого рода (предплечье). Выполнение разгибания в локтевом суставе с силой сопротивления (представленной отягощением в тренажере типа вертикального блока).

O = точка опоры; F_M = мускульное усилие; F_R = сила сопротивления; M_M = плечо силы мускульного усилия; M_R = плечо силы сопротивления. Выигрыш в силе = $M_M/M_R = 5 \text{ см}/40 \text{ см} = 0.125$, что меньше 1.0, а значит, работу мускулатуры в данном положении следует считать невыгодной в общем смысле.

Рычаг третьего рода – это рычаг, в котором мускульное усилие и сила сопротивления расположены и действуют с одной и той же стороны от точки опоры, при этом, действие мускульного усилия выражается через плечо силы, которое короче плеча силы, посредством которого выражается действие силы сопротивления (Рисунок 2.4). В такой ситуации величина выигрыша в силе меньше 1.0, что свидетельствует о том, что мускульное усилие должно быть мощнее силы сопротивления для выработки такого крутящего момента, который был бы равен моменту, вызванному действием силы сопротивления.

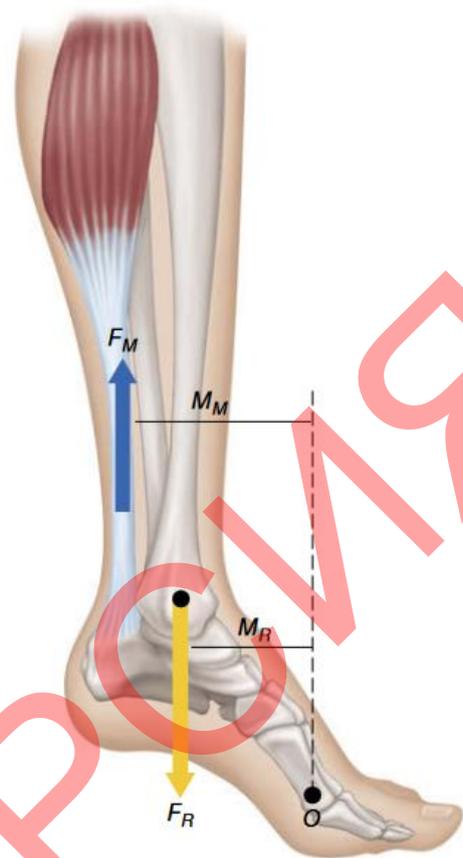


Рисунок 2.3 Рычаг второго рода (стопа). Выполняется подошвенное сгибание под действием внешнего сопротивления (как при подъеме на носки стоя).

F_M = мускульное усилие; F_R = сила сопротивления; M_M = плечо силы мускульного усилия; M_R = плечо силы сопротивления. Когда атлет делает подъем на носки, подушки стоп выступают в роли точки, вокруг которой осуществляется вращение стоп, т.е. точки опоры (O). В силу того, что плечо M_M больше плеча M_R , сила F_M меньше, чем F_R .

Крутящий момент (также называют момент вращения, момент силы или просто момент) – характеризует вращательное действие силы на тело, которое осуществляет движение вокруг определенной точки вращения. В количественном отношении крутящий момент вычисляется как произведение величины силы на длину плеча силы.

На Рисунке 2.2 изображен рычаг первого рода, потому, что мускульное усилие и сила сопротивления действуют с разных сторон от точки опоры. При изометрическом сокращении или вращении в суставе с постоянной скоростью, $F_M * M_M = F_R * M_R$. Учитывая то, что отрезок M_M гораздо короче отрезка M_R , F_M должна быть гораздо значительнее F_R ; что демонстрирует невыгодность подобной конфигурации (т.е. атлету необходимо приложить значительное усилие для того, чтобы преодолеть относительно малое внешнее сопротивление)

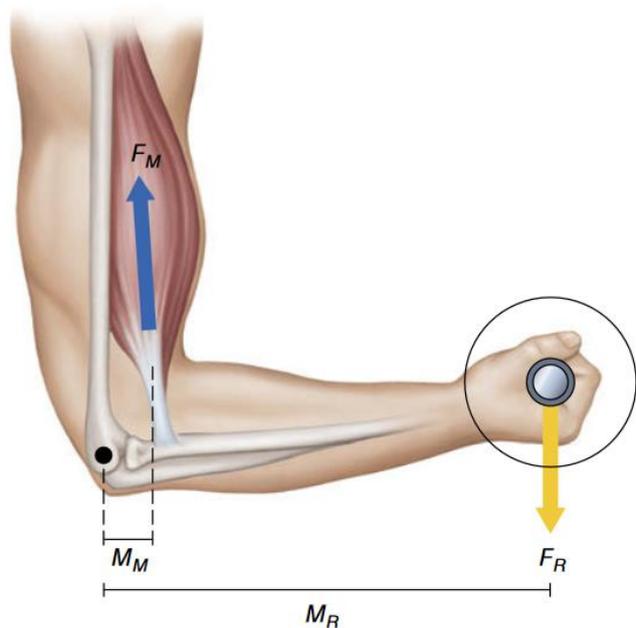


Рисунок 2.4 Рычаг третьего рода (предплечье). Сгибание руки в локтевом суставе с дополнительным сопротивлением (в качестве примера можно привести подъем гантелей на бицепс).

F_M = мускульное усилие; F_R = сила сопротивления; M_M = плечо силы мускульного усилия; M_R = плечо силы сопротивления. Учитывая то, что отрезок M_M гораздо короче отрезка M_R , F_M должна быть гораздо значительнее F_R .

Преобладающая часть скелетных мышц работают под действием достаточно значительного проигрыша в силе. Это вызвано анатомическими особенностями скелетных рычагов и теми способами, которыми мы можем воздействовать на предметы внешней среды, которые рассматриваются в качестве сил сопротивления. Таким образом, во время занятий спортивной и прочими видами физической деятельности, силы, возникающие в мышцах и сухожилиях, гораздо значительнее тех, что мы в состоянии прикладывать к объектам внешней среды с помощью ладоней или стоп.

Преобладающая часть мускулатуры человека осуществляет вращение конечностей вокруг суставов с выигрышем в силе менее 1.0 (говоря иными словами мы получаем проигрыш в силе). Именно поэтому сама мышечная сила атлетов гораздо значительнее тех усилий, которые они способны сообщать предметам внешней среды. К примеру, исходя из данных Рисунок 2.2 мы видим, что плечо силы сопротивления в 8 раз длиннее плеча силы мускульного усилия, а, значит, само мускульное усилие должно быть в 8 раз мощнее действия силы сопротивления. Крайне значительные внутренние напряжения, которые испытывают мышцы и сухожилия, зачастую являются причиной преобладающей доли травм указанных типов тканей. При рассмотрении двигательной активности в реальности, отнесение рычага к первому, второму или третьему роду зачастую зависит от того, где находится точка опоры (вращения). Вследствие этого, понимание принципа выигрыша в силе гораздо более важно способности правильно отнести рычаг к первому, второму или третьему роду.

Величина выигрыша в силе зачастую меняется при продолжительных занятиях реальной физической деятельностью. Ниже мы приведем примеры.

- При выполнении движений типа сгибания и разгибания ноги в коленном суставе, который нельзя назвать истинным шарниром, расположение оси вращения меняется непрерывно на протяжении всей амплитуды движения в суставе, что, в свою очередь, меняет длину плеча силы, посредством которого действуют квадрицепсы и мускулатура задней поверхности бедра. При выполнении движений типа разгибания в коленном суставе, надколенник (коленная чашечка) нужен для того, чтобы предотвратить значительные снижения выигрыша в силе для квадрицепса, поскольку надколенник не позволяет сухожилию переместиться излишне близко к оси вращения (Рисунок 2.5).
- При выполнении движений типа сгибания и разгибания руки в локтевом суставе, необходимо помнить, что структура аналогичная надколеннику в локтевом суставе отсутствует, а это не позволяет держать ось вращения на относительно удалении от линии действия сухожилия в любой из моментов времени (Рисунок 2.6).
- При силовом тренинге со свободными отягощениями, длина плеча силы, посредством которого действует вес, равна длине отрезка между центром масс штанги (или гантели) и осью вращения в суставе, вокруг которого вращается конечность, отложенной на горизонтальной оси. Таким образом, длина плеча силы меняется в рамках амплитуды движения, выполняемого с отягощением (Рисунок 2.7)

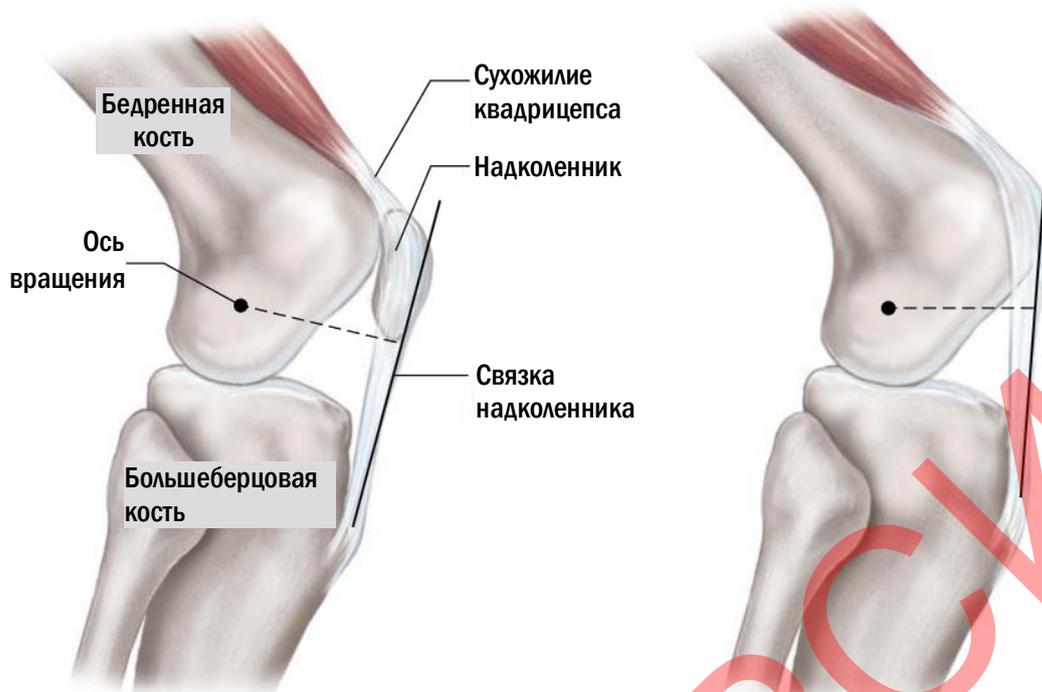


Рисунок 2.5 (a) Надколенник увеличивает выигрыш в силе для мышечной группы четырехглавой мышцы бедра (квадрицепса) за счет того, что он позволяет сохранять определенное расстояние между сухожилием квадрицепса и осью вращения в коленном суставе. (b) Отсутствие надколенника позволяет сухожилию переместиться ближе к оси вращения в коленном суставе, что укорачивает плечо силы, посредством которого выражается мускульное усилие, что, тем самым, снижает выигрыш в силе для данной мышцы.

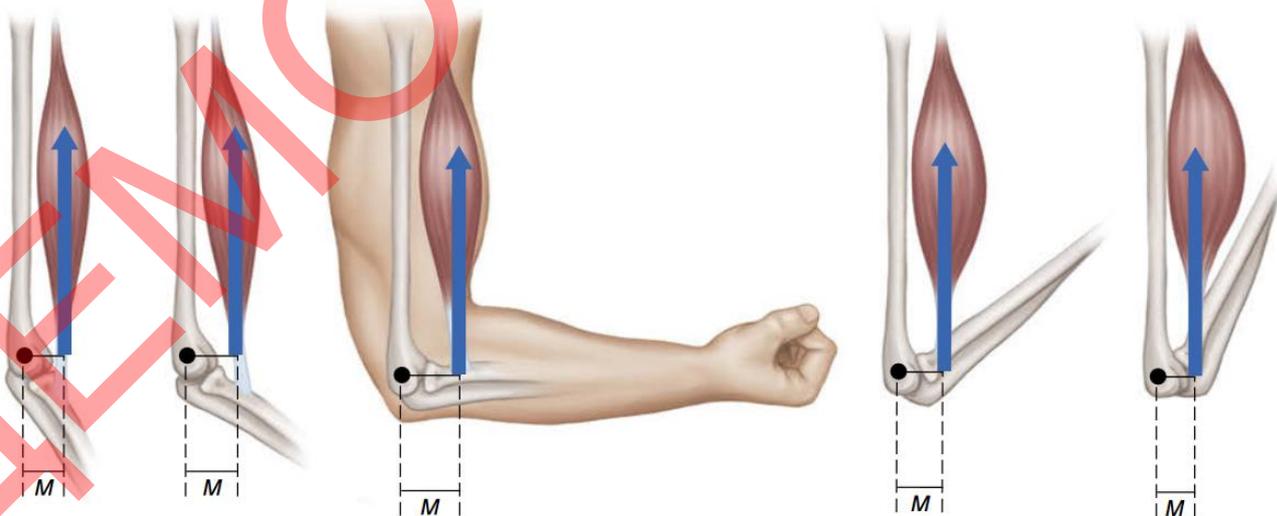


Рисунок 2.6 При выполнении сгибания в локтевом суставе с помощью двуглавой мышцы плеча (бицепса), расстояние между осью вращения в суставе и линией действия сухожилия, отложенное на горизонтальной оси, изменяется в рамках амплитуды указанного движения. Когда плечо силы (M) короче, выигрыш в силе меньше.

Варианты крепления сухожилия

Анатомия человека отличается значительной вариативностью. Данный принцип распространяется и на места, в которых сухожилия крепятся к костям. Те люди, у которых места крепления сухожилий находятся на более значительном удалении от оси вращения в суставе, должны быть способны поднимать больший вес, поскольку мускульное усилие в таком случае действует через более протяженное плечо силы, а значит, может произвести более мощный крутящий момент в данном суставе. (В качестве примера давайте обратимся к Рисунку 2.6, обратите внимание на то, как меняется плечо силы [M] в зависимости от расстояния до точки крепления сухожилия).

С другой стороны, важно понимать, как положительные, так и отрицательные аспекты, связанные с расположением мест крепления сухожилий. Наряду с выигрышем в силе, который получается за счет того, что точка крепления сухожилия расположена на относительно значительном удалении от оси вращения в суставе, атлет получает недостаток в виде потери максимальной скорости, поскольку, когда крепление сухожилия расположено на удалении от сустава, мышца вынуждена сокращаться более мощно для того, чтобы вызвать амплитудное вращение в суставе. Другими словами, мышечное сокращение определенной мощности вызывает менее амплитудное вращение той или иной части тела вокруг сустава, что выражается в виде снижения скорости движения.

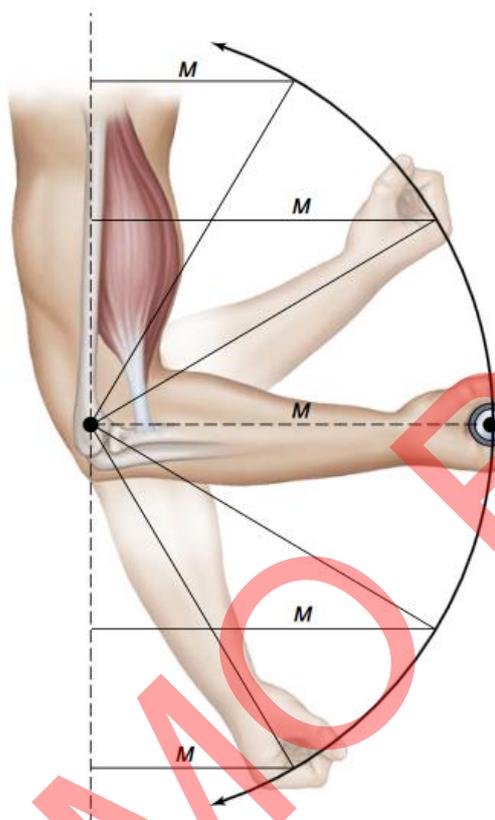
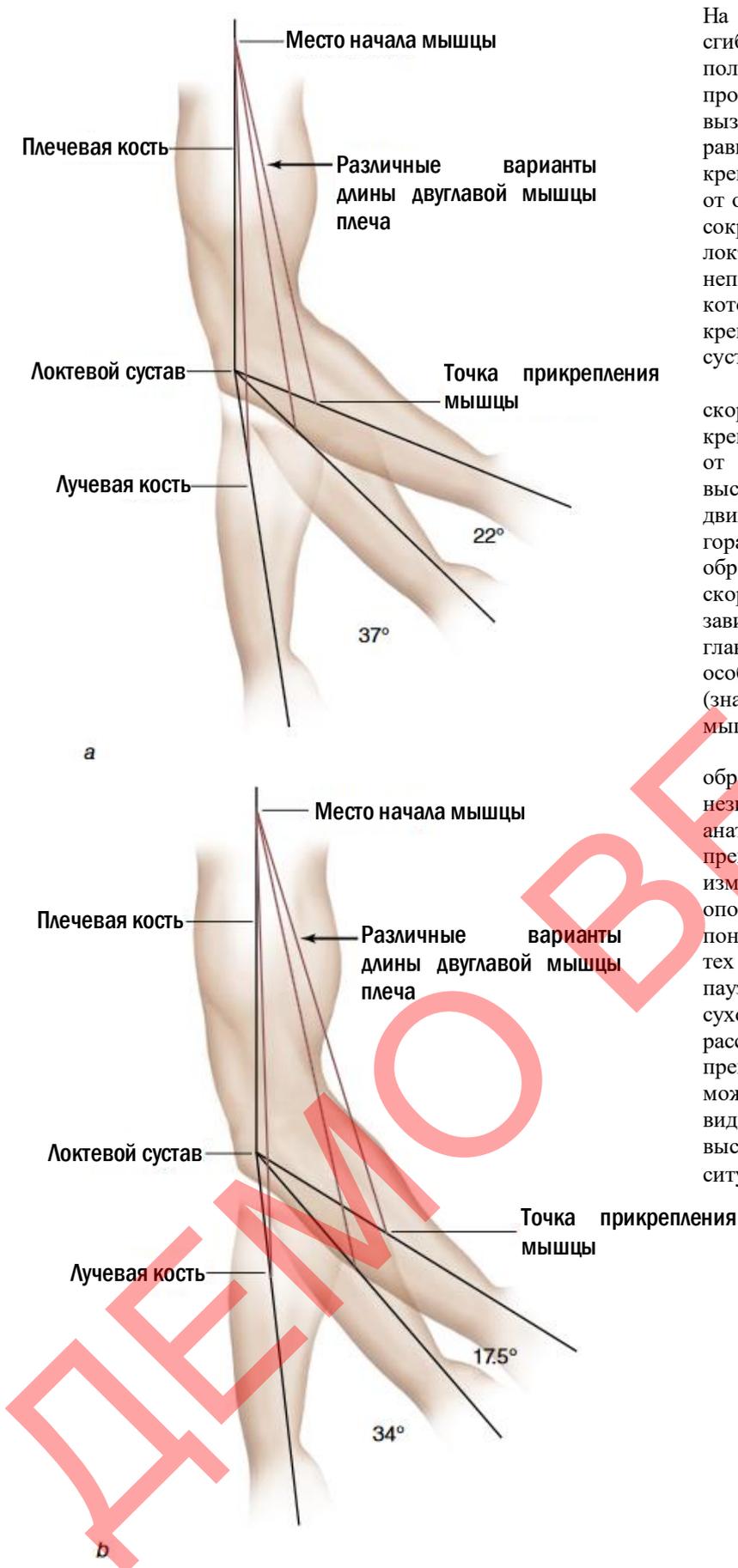


Рисунок 2.7 В ходе подъема снаряда, плечо силы (M) посредством которого выражается действие отягощения, а, следовательно, и момента сопротивления, меняется наряду с длиной отрезка, который отложен на горизонтальной оси и равняется расстоянию между осью снаряда и локтевым суставом.



На Рисунке 2.8а (см. ниже) изображен процесс сгибания руки в локтевом суставе. В исходном положении рука полностью разогнута. Когда в мышце происходит сокращение заданной мощности, это вызывает сгибание руки в локтевом суставе на угол равный 37° . При этом, в ситуации, когда место крепления сухожилия мышцы располагается дальше от оси сустава, т.е. так, как показано на Рисунке 2.8b, сокращение той же мощности вызывает сгибание в локте на угол равный 34° , что вызвано непостоянством геометрии треугольника, вершины которого соответствуют месту начала мышцы, точке крепления сухожилия мышцы и оси вращения в суставе.

Для того, чтобы вызвать необходимую скорость вращения в суставе, мышце, точка крепления которой расположена относительно далеко от оси сустава, необходимо сокращаться с более высокой скоростью, однако, при такой скорости движения конечности мышца способна вырабатывать гораздо менее мощное усилие по причине наличия обратной зависимости между мощностью усилия и скоростью движения (34), описание указанной зависимости будет представлено далее по тексту этой главы. Таким образом, при наличии подобной особенности крепления сухожилия мышцы (значительное удаление) мощностные возможности мышцы при скоростно-силовой работе снижены.

Вы можете удостовериться в том, каким образом существование относительно незначительных индивидуальных различий в анатомии сустава может являться причиной преимуществ или недостатков. Несмотря на то, что изменить подобную конфигурацию компонентов опорно-двигательного аппарата невозможно, важно понимать, что для низкоскоростных движений, т.е. тех движений, которые характерны, к примеру, для пауэрлифтинга, ситуация, когда точка крепления сухожилия удалена на относительно большое расстояние от оси сустава, может представлять преимущество, при этом, подобная конфигурация может быть недостатком с точки зрения различных видов спортивной деятельности, где требуется высокоскоростная работа, примером подобной ситуации может быть подача мяча в теннисе.

Рисунок 2.8 Изменение угла сгибания в локтевом суставе под действием мышечного сокращения фиксированной мощности. Результирующий угол сгибания будет различным для разных мест крепления сухожилия мышцы: (а) точка крепления располагается ближе и (b) точка крепления располагается дальше от оси вращения сустава. При фиксированной мощности усилия, вариант b отличается более длинным плечом силы, а, следовательно, более значительным крутящим моментом, получаемым в результате мышечного сокращения, при этом, угловое перемещение конечности будет меньше, а значит и скорость движения конечности будет ниже.

Анатомические плоскости и основные ВИДЫ ДВИЖЕНИЙ

На Рисунке 2.9 изображен человек, который стоит в нормальной анатомической позиции. Туловище находится в вертикальном положении, руки опущены, ладони обращены вперед. С анатомической точки зрения, как и при использовании метода компьютерной томографии, организм человека, как правило, представляют в сагиттальной, фронтальной и горизонтальной (поперечной) плоскостях, которые делят тело на правую-левую, переднюю-заднюю и верхнюю-нижнюю части соответственно, при этом плоскости не обязательно должны проходить через центральную точку тела. Анатомические плоскости также хорошо подходят для описания основных движений. Примеры тренировочных движений, которые описываются с помощью перечисленных выше плоскостей включают в себя подъем штанги на бицепс стоя (сагиттальная плоскость), разведение гантелей стоя (фронтальная плоскость), и разведение гантелей лежа на скамье (горизонтальная плоскость). Анализ биомеханики движений человека может использоваться для количественной оценки целевой деятельности. В отсутствие необходимого опыта и специального оборудования, будет достаточно использования простого визуального метода исследования для выявления основных особенностей спортивных движений.

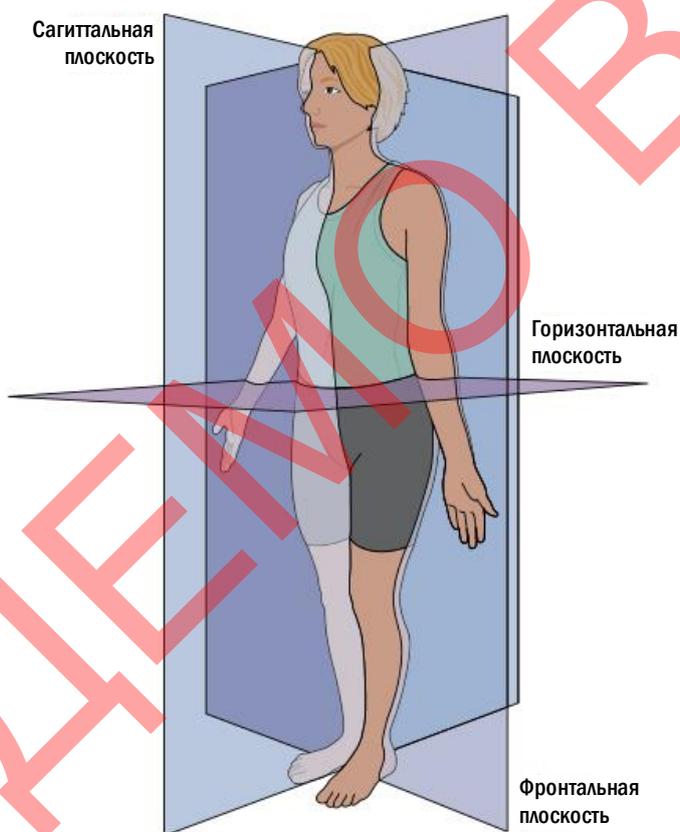


Рисунок 2.9 Анатомическая позиция и три анатомические плоскости

Затем, обладая информацией относительно требуемой специфики движений, специалисты смогут подобрать аналогичные спортивные упражнения, в рамках которых работают те же суставы, что позволяет придать тренировочному процессу нужную специфичность. Выполнение задач, связанных с визуальным наблюдением движений, упрощается при использовании метода покадрового или замедленного просмотра. Кроме того, в продаже имеется специализированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять более детальный анализ спортивных движений, которые сняты с помощью цифровой видеотехники.

На Рисунке 2.10 представлен короткий перечень возможных движений, который можно использовать в качестве основы для выбора упражнений. В данном перечне рассматриваются только движения, выполняемые во фронтальной, сагиттальной и горизонтальной плоскостях, поскольку, даже принимая во внимание тот факт, что человеческое тело способно выполнять лишь ограниченное число движений только в рамках перечисленных плоскостей, тренинг с помощью движений в перечисленных плоскостях настолько эффективен, что силовые возможности мускулатуры растут и в части движений между плоскостями.

Несмотря на то, что программа тренинга с отягощениями, основанная на движениях, изображенных на Рисунке 2.10 может быть как всеобъемлющей, так и сбалансированной, определенную часть движений, как правило, из стандартной программы тренинга исключают, а другая часть движений получает особый акцент. К числу достаточно важных движений, которые, как правило, не входят в стандартные программы тренинга с отягощениями, относят такие движения как внутренняя и наружная ротация плеча (метание снарядов, теннис), сгибание ноги в коленном суставе (спринтерский бег), сгибание ноги в тазобедренном суставе (удары ногой, спринтерский бег), дорсифлексия или тыльное сгибание стопы в голеностопном суставе (бег), внутренняя и наружная ротация бедра (смена направления движения), приведение и отведение бедра (движение в сторону), вращение корпуса (метание снарядов, единоборства), а также различные движения шеи (бокс, борьба)

Лучезапястный сустав - сагиттальная плоскость

Ладонное сгибание кисти

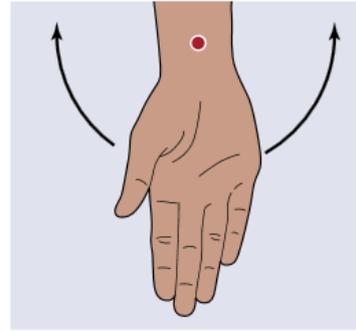
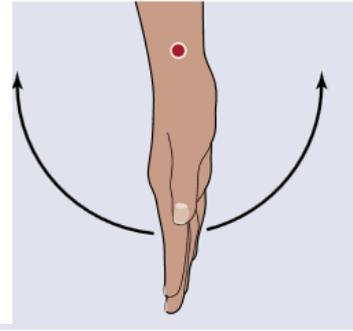
Упражнение: сгибание запястий со штангой

Спорт: штрафной бросок в баскетболе

Тыльное разгибание кисти

Упражнение: разгибание запястий со штангой

Спорт: бэкхенд в ракетболе



Лучезапястный сустав - фронтальная плоскость

Приведение кисти (локтевое)

Упражнение: специализированное сгибание запястий со штангой

Спорт: свинг битой в бейсболе

Отведение кисти (лучевое)

Упражнение: специализированное сгибание запястий со штангой

Спорт: замах в гольфе

Локтевой сустав – сагиттальная плоскость

Сгибание руки в локтевом суставе

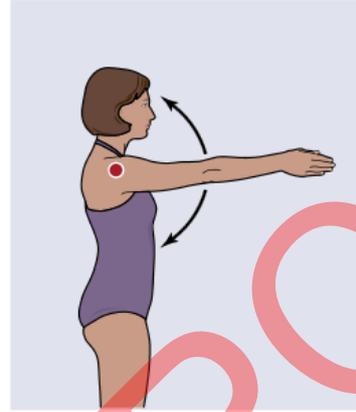
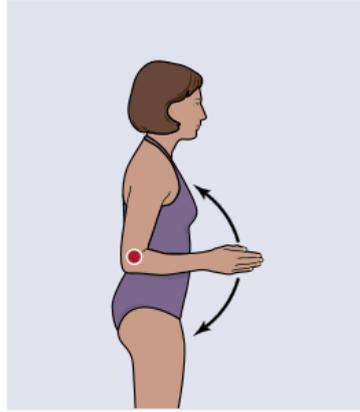
Упражнение: подъем штанги на бицепс

Спорт: боулинг

Разгибание руки в локтевом суставе

Упражнение: разгибание рук на вертикальном блоке

Спорт: толкание ядра



Плечевой сустав – сагиттальная плоскость

Сгибание руки в плечевом суставе

Упражнение: подъем гантелей перед собой

Спорт: апперкот в боксе

Разгибание руки в плечевом суставе

Упражнение: тяга к животу на горизонтальном блоке

нейтральным хватом

Спорт: плавание вольным стилем

Плечевой сустав – фронтальная плоскость

Приведение руки в плечевом суставе

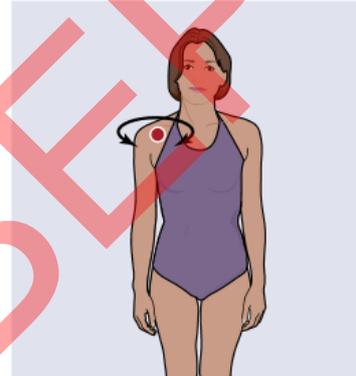
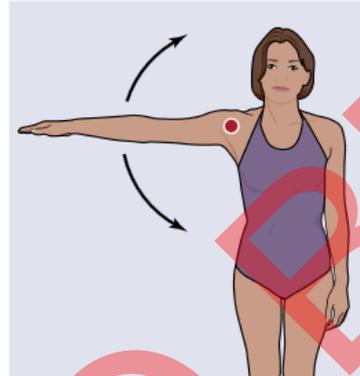
Упражнение: тяга на вертикальном блоке широким хватом

Спорт: плавание брассом

Отведение руки в плечевом суставе

Упражнение: жим стоя широким хватом

Спорт: прыжки в воду



Плечевой сустав – горизонтальная плоскость

Внутренняя ротация плеча

Упражнение: имитация основного движения армрестлера (в тренажере или с гантелью)

Спорт: подача в бейсболе

Наружная ротация плеча

Упражнение: выполнение основного движения армрестлера в обратном направлении

Спорт: блок в карате

Плечевой сустав – горизонтальная плоскость

(рабочая рука согнута под 90 градусов к плоскости тела)

Приведение руки в плечевом суставе

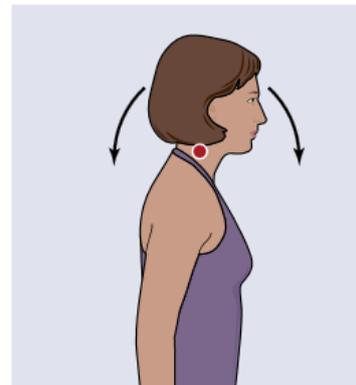
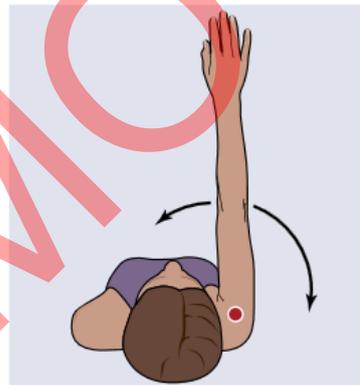
Упражнение: разведение гантелей лежа

Спорт: удар справа в теннисе

Отведение руки в плечевом суставе

Упражнение: подъем гантелей через стороны в наклоне

Спорт: удар слева в теннисе



Шея – сагиттальная плоскость

Сгибание шеи

Упражнение: выполняется на специализированном тренажере

Спорт: акробатическое сальто

Разгибание шеи

Упражнение: выход на мостик стоя

Спорт: обратное сальто

Шея – горизонтальная плоскость

Вращение влево

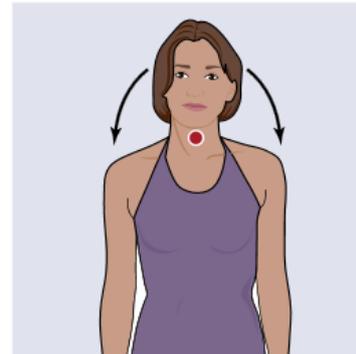
Упражнение: вращение шеи с ручным сопротивлением

Спорт: движения в борьбе

Вращение вправо

Упражнение: вращение шеи с ручным сопротивлением

Спорт: движения в борьбе



Шея – фронтальная плоскость

Наклон влево

Упражнение: выполняется на специализированном тренажере

Спорт: слалом на лыжах

Вращение вправо

Упражнение: выполняется на специализированном тренажере

Спорт: слалом на лыжах

Рисунок 2.10 Основные виды движений. Плоскости, в которых выполняются движения, соответствуют нормальной анатомической позиции до тех пор, пока не указано иное. Приведены общераспространенные упражнения, в рамках которых создается сопротивление движениям, связанными с тем или иным видом спортивной деятельности

Поясничный отдел позвоночника - сагиттальная плоскость

Сгибание туловища

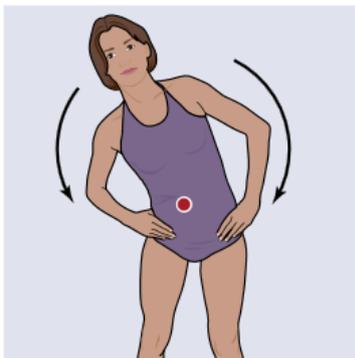
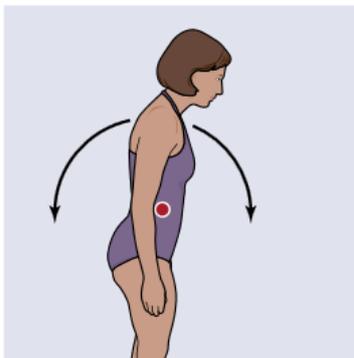
Упражнение: скручивание на пресс (сит-ап пресс)

Спорт: метание копья

Разгибание туловища

Упражнение: становая тяга на прямых ногах

Спорт: обратное сальто



Поясничный отдел позвоночника - фронтальная плоскость

Наклон корпуса влево

Упражнение: бросок медбола из положения над головой с вращением корпуса

Спорт: переворот Меникелли в гимнастике

Наклон корпуса вправо

Упражнение: наклон в сторону

Спорт: бросок крюком в баскетболе

Поясничный отдел позвоночника - горизонтальная плоскость

Вращение туловища влево

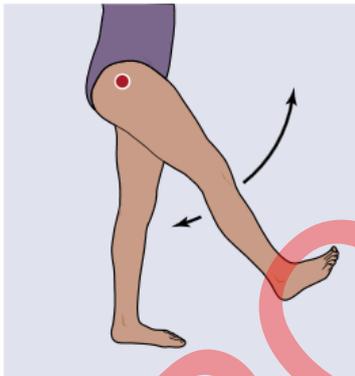
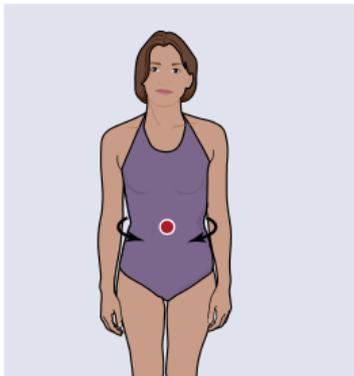
Упражнение: бросок медбола с вращением корпуса

Спорт: бейсбол

Вращение туловища вправо

Упражнение: специализированный тренажер на вращение корпусом в поясничном отделе

Спорт: свинг в гольфе



Тазобедренный сустав - сагиттальная плоскость

Сгибание ноги в тазобедренном суставе

Упражнение: подъем ног лежа

Спорт: пунт (удар по мячу в американском футболе)

Разгибание ноги в тазобедренном суставе

Упражнение: приседания со штангой на спине

Спорт: прыжок в длину

Тазобедренный сустав - фронтальная плоскость

Приведение бедра

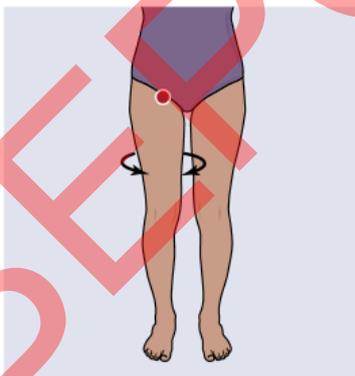
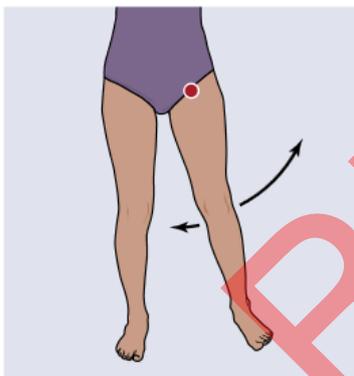
Упражнение: приведение бедра на специализированном тренажере стоя

Спорт: боковое ускорение в футболе

Отведение бедра

Упражнение: отведение бедра на специализированном тренажере стоя

Спорт: катание на роликовых коньках



Тазобедренный сустав - горизонтальная плоскость

Внутренняя ротация бедра

Упражнение: внутренняя ротация бедра с отягощением

Спорт: поворот в баскетболе

Наружная ротация бедра

Упражнение: наружная ротация бедра с отягощением

Спорт: поворот в фигурном катании

Тазобедренный сустав - горизонтальная плоскость

(рабочая нога под 90 градусов к плоскости тела)

Приведение бедра

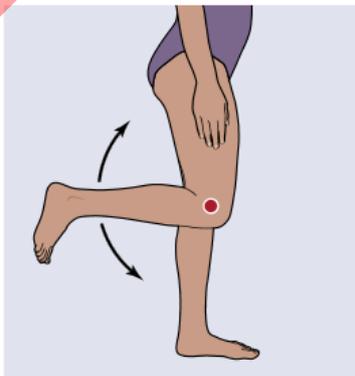
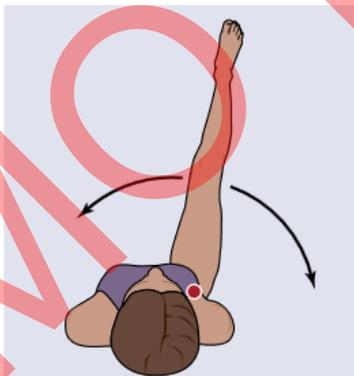
Упражнение: приведение бедра на специализированном тренажере

Спорт: подсечка в карате

Отведение бедра

Упражнение: приведение бедра на специализированном тренажере сидя

Спорт: выход в борьбе



Коленный сустав - сагиттальная плоскость

Сгибание ноги в коленном суставе

Упражнение: сгибание ног на тренажере

Спорт: положение тела при прыжках в воду

Разгибание ноги в коленном суставе

Упражнение: разгибание ног на тренажере

Спорт: выполнение блока в волейболе

Голеностопный сустав - сагиттальная плоскость

Тыльное сгибание стопы

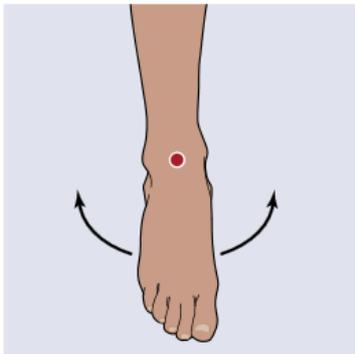
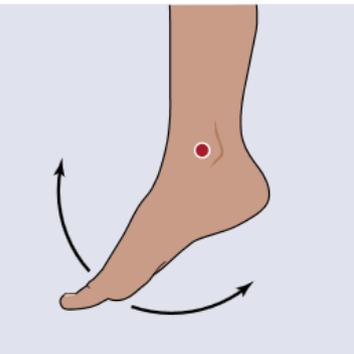
Упражнение: подъем на пятки

Спорт: бег

Подожвенное разгибание стопы

Упражнение: подъем на носки

Спорт: прыжки в высоту



Голеностопный сустав - фронтальная плоскость

Пронация (инверсия) стопы

Упражнение: пронация стопы с отягощением

Спорт: дриблинг в футболе

Супинация (эверсия) стопы

Упражнение: супинация стопы с отягощением

Спорт: конькобежный спорт

Понятия силы и мощности применительно к организму человека

Такие термины как *сила* и *мощность* получили широкое применение, и зачастую используются для того, чтобы дать описание некоторых важных способностей организма, которые вносят определенный вклад в спортивный результат с точки зрения максимального уровня спортивной производительности атлетов, а также работоспособности в рамках прочих видов физической деятельности. К сожалению, зачастую отсутствует последовательность и логичность в различных случаях применения данных терминов. В данном разделе, дается научная основа для понимания таких понятий, как сила и мощность применительно к организму человека, а также показывается, каково влияние различных факторов на два параметра, которые были приведены выше.

Основные определения

Несмотря на широкое признание утверждения, которое заключается в том, что **сила** – это способность прилагать усилие, существуют серьезные разногласия в части того, каким образом следует измерять силу. Вес, который может поднять человек, пожалуй, является самым первым способом количественного измерения силы. Технический прогресс привел к популяризации методов определения силы, основанных на изометрических и изокинетических нагрузках. Практически для всех видов спорта характерно наличие **ускорений** (изменения скорости движения за единицу времени) тех или иных частей тела атлета, а также спортивного снаряжения (к примеру, бейсбольной биты, копья, теннисной ракетки). Согласно Второму Закону Ньютона, ускорение связано с силой противодействия:

$$\text{Сила} = \text{Масса} * \text{Ускорение} \quad (2.1)$$

Учитывая наличие индивидуальных особенностей в части способности прилагать усилие с различной скоростью (43), результаты замеров силы, полученные с помощью изометрических нагрузок, а также низкоскоростных методов выполнения замеров с сопротивлением могут различаться по точности прогнозирования, в особенности в ситуации, когда силу необходимо прилагать на достаточно высокой скорости. Таким образом, проведение замеров силовых возможностей атлета на различных скоростях может являться более информативным методом определения его специальных возможностей и слабых мест в конкретном виде спорта (6). Несмотря на тот факт, что контроль и отслеживание скоростных показателей при проведении замеров силы требует наличия сложного оборудования, результаты подобных замеров силы могут быть более показательными в сравнении со статическими методиками или максимальными нагрузками.

Положительная работа и мощность

Желание получить информацию относительно способности организма прилагать усилие при тех или иных скоростях движения или на высокой скорости привело к росту заинтересованности в концепции мощности как метода измерения способности организма прилагать усилие на высоких скоростях. За пределами научных кругов понятие мощности, как правило, не имеет строгой формулировки, в результате чего **мощность** зачастую обозначают расплывчатым определением “взрывная сила” (42). Тем не менее, в физике **мощность** имеет точное определение, которое можно сформулировать как *отношение работы, выполняемой за некоторый промежуток времени, к этому промежутку времени*, где **работа** – это результат умножения объема усилий, сообщенных объекту, на пройденное объектом расстояние в направлении приложения усилия.

В количественном отношении, работа и мощность вычисляются следующим образом:

$$\text{Работа} = \text{Сила} * \text{Перемещение} \quad (2.2)$$

и

$$\text{Мощность} = \text{Работа} / \text{Время} \quad (2.3)$$

Можно также дать следующие определения: **Мощность** – это произведение силы, приложенной к объекту на скорость движения объекта в направлении приложения силы; также **Мощность** – это произведение скорости объекта на силу, приложенную в направлении движения объекта.

Для того, чтобы получить правильный результат при решении любого уравнения, из представленных в тексте данной главы, необходимо использовать соответствующие единицы измерения. В Международной Системе Единиц (СИ, аббревиатура взята из французского языка), т.е. мировом стандарте физических единиц, сила измеряется в Ньютонах (Н), расстояние в метрах (м), работа в Джоулях (Дж, т.е., ньютон-метры, или Н*м), время в секундах (с), а мощность в Ваттах (Вт, т.е., Дж/с). Для того, чтобы проводить расчеты и решать уравнения с правильными единицами измерения (которые принадлежат к системе СИ), можно пользоваться коэффициентами пересчета, которые приведены в Таблице 2.1.

Таблица 2.1 Коэффициенты перевода общепринятых единиц измерения к системе СИ

Для того, чтобы получить	Умножьте	На
Ньютоны (Н)	Фунты	4,448
Ньютоны (Н)	Килограмм-масса	Величину ускорения свободного падения для данной местности
Ньютоны (Н)	Килограмм-сила	9,807
Метры (м)	Футы	0,3048
Метры (м)	Дюймы	0,02540
Раднаны (рад)	Градусы	0,01745

В качестве примера использования уравнения 2.2, вычислим полезную работу, которая совершается, когда атлет поднимает вес. Она равняется сумме самой величины поднимаемого веса (F_1) и силы (F_2), которая необходима для того, чтобы разогнать объект до требуемой скорости, умноженной на расстояние перемещения (D), на которое атлет поднимает вес. Здесь необходимо отметить, что направление действия веса и направление, в котором приложено усилие, должны совпадать с направлением, в котором перемещается вес. Данная взаимосвязь определяется углом между вектором силы и вектором перемещения (тета, θ). К примеру, величина работы, совершаемой при подъеме штанги весом 100 кг (220 фунтов) на 2 метра (6.6 футов) на 10 повторений вычисляется следующим образом:

1. Определим **вес** штанги (F_1) в единицах системы СИ (ньютонах) путем умножения массы штанги в килограммах на местное ускорение свободного падения в метрах на секунду в квадрате. Если данные о местном ускорении свободного падения отсутствуют, можно использовать стандартное значение, равное $9,8 \text{ м/с}^2$. Как было указано ранее, буквой θ обозначается угол между вектором силы и вектором перемещения, который в данном случае равняется нулю:

$$F_1 \uparrow F_2 \uparrow D \uparrow \theta = 0 \text{ градусов}$$

Таким образом, сила, которая прилагается для того, чтобы противодействовать весу штанги равняется:

$$(F_1) = 9.8 \text{ м/с}^2 * 100 \text{ кг} * \cos 0^\circ = 980 \text{ Н}$$

2. Вычислим дополнительное усилие (F_2), которое необходимо для разгона штанги заданного веса в направлении вверх с заданной скоростью. (Величина усилия, направленного на то, чтобы опустить штангу на пол, сохраняя над ней необходимый контроль, будет вычислена позднее.) К примеру, если величина ускорения, с которым штанга перемещается вверх, составляет 2 м/с^2 , то требуемая сила будет вычисляться следующим образом:

Сила, прилагаемая к штанге для того, чтобы сообщить ей ускорение в направлении вверх, равняется

$$(F_2) = 2 \text{ м/с}^2 * 100 \text{ кг} * \cos 0^\circ = 200 \text{ Н}$$

3. Используем уравнение 2.2 для вычисления работы, затрачиваемой в ходе выполнения 10 повторений, в Джоулях:

$$\text{Работа (положительная)} = (980 \text{ Н} + 200 \text{ Н}) * 2 \text{ м} \cdot 10 \text{ повторений} = 23,600 \text{ Дж}$$

Данный метод вычисления величины работы может быть достаточно полезным при количественном определении объема энергозатрат в рамках различных тренировочных комплексов. Объем работы в рамках каждого отдельного упражнения вычисляется как показано выше, а общий объем работы в рамках тренировки будет вычисляться с помощью суммирования работы в рамках отдельных упражнений. При тренинге, основанном на упражнениях, выполняемых со свободными весами, величина вертикального перемещения штанги вычисляется путем вычитания расстояния между грифом и полом, когда штанга находится в самой нижней точке амплитуды движения, из расстояния между грифом и полом, когда штанга находится в самой верхней точке амплитуды движения. При работе на тренажерах в качестве величины вертикального перемещения берут расстояние, на которое перемещается стопка плит нагружения. Подобные замеры можно выполнять из положения, соответствующего позиции пустого грифа или самой нижней плиты нагружения, поскольку расстояние вертикального перемещения веса при выполнении определенного упражнения будет примерно одинаковым вне зависимости от рабочего веса. Основываясь на предыдущем примере, в котором вычислялась работа, введем дополнительное условие, которое заключается в том, что 10 повторений выполняются в течение периода времени, равного 40 секундам. В таком случае, средняя мощность в Ваттах будет вычисляться на основании уравнения 2.3:

$$\text{Мощность (положительная)} = 23,600 \text{ Дж} / 40 \text{ секунд} = 590 \text{ Вт}$$

Отрицательная работа и мощность

Учитывая то, что мощность равняется произведению силы на скорость, рассмотрим ситуацию, когда усилие прикладывается в направлении, противоположном направлению движения веса (в качестве примера можно привести ситуацию, когда атлет опускает снаряд, сохраняя над ним контроль), при этом расчетная величина мощности будет иметь отрицательное значение, как и расчетная величина работы. Подобные явления, связанные с понятиями “отрицательной” работы и мощности, возникают при эксцентрических мышечных сокращениях, т.е. когда атлет опускает снаряд на пол или тормозит движение снаряда в конце быстрого движения. Строго говоря, в нашем мире не может существовать такого явления как отрицательная работа или мощность. Термин *отрицательная работа*, по сути, относится к работе, совершенной над мускулатурой, но не самой мускулатурой. Когда вес (спортивный снаряд) поднимают, мускулатура взаимодействует со снарядом, выполняя работу, направленную на увеличение потенциальной энергии снаряда. Когда снаряд опускают, то его потенциальная энергия используется для выполнения точно такого же объема работы над телом атлета.

Таким образом, до тех пор, пока атлет продолжает выполнять очередное повторение, он сам и спортивный снаряд осуществляют работу друг над другом, вследствие чего говорить, что атлет поочередно выполняет положительную и отрицательную работы, неверно. Скорость, с которой атлеты выполняет заданное количество повторений, определяет выдаваемую атлетом мощность. Величина ускорения свободного падения штанги равняется $9,8 \text{ м/с}^2$. Если суммарная сила, сообщенная штанге, равнялась 980 Н (F_1), то величина ускорения будет равняться 0 м/с^2 . Если мы выведем из уравнения 200 Н дополнительного усилия (200 Н деленные на массу штанги в 100 кг , $a = F/m$), то величина ускорения штанги будет равняться 2 м/с^2 , при этом штанга будет перемещаться вниз (другими словами, атлет будет контролировать ускорение, с которым двигается штанга посредством снижения сообщаемого усилия).

1. Вычислим величину усилия (F_3), которое должен недополучить снаряд для того, чтобы он двигался в направлении вниз с заданным ускорением. К примеру, если требуемая величина ускорения снаряда при движении вниз составляет 2 м/с^2 , то требуемая величина усилия вычисляется по формуле:

$$F_1 \uparrow F_3 \downarrow D \downarrow \theta = 0 \text{ градусов}$$

Величина усилия, которое должна недополучить штанга для того, чтобы она двигалась вниз с ускорением равным 2 м/с^2 вычисляется следующим образом:
 $(F_3) = 2 \text{ м/с}^2 * 100 \text{ кг} * \cos 0^\circ = 200 \text{ Н}$

2. Используем уравнение 2.2 для вычисления объема работы, затрачиваемой в ходе выполнения 10 повторений, в Джоулях:

$$\text{Работа (отрицательная)} = (980 \text{ Н} + -200 \text{ Н}) * (-2 \text{ м}) * 10 \text{ повторений} = -15,600 \text{ Дж}$$

3. Используем уравнение 2.3 для вычисления средней мощности, выдаваемой атлетом в ходе выполнения 10 повторений, в Ваттах:

$$\text{Мощность (отрицательная)} = -15,600 \text{ Дж} / 40 \text{ секунд} = -390 \text{ Вт}$$

Угловая работа и мощность

Уравнения, которые были представлены в тексте этой главы до текущего момента, применимы к объектам, которые перемещаются от одной точки к другой по траектории, которая является прямой линией. Точно также, работа и мощность являются неотъемлемыми аспектами в ситуации, когда необходимо, чтобы объект начал вращательное движение вокруг оси или изменил скорость вращения, даже если сам объект как единое целое вообще не перемещается в пространстве. Величина, характеризующая изменение угловой координаты в процессе движения объекта по окружности, называется **угловым перемещением**, в системе СИ эта величина измеряется в радианах (рад); $1 \text{ рад} = 180^\circ \div \pi = 57.3^\circ$, где $\pi = 3.14$. **Угловая скорость** – это число оборотов объекта за единицу времени. Угловая скорость измеряется в радианах в секунду (рад/с). Крутящий момент выражается в ньютон-метрах ($\text{Н}\cdot\text{м}$), но его не следует путать с работой, которая также выражается в ньютон-метрах. Главное отличие заключается в том, что составляющая расстояния в единицах измерения крутящего момента относится к длине плеча силы (которое перпендикулярно к линии действия силы), в то время как составляющая расстояния в единицах измерения работы относится к расстоянию, которое объект проходит по линии действия силы. Как и в ситуации с перемещением объекта в пространстве, работа при угловом перемещении объекта также измеряется в джоулях (Дж), а мощность в ваттах (Вт).

Для вычисления **работы, совершаемой при вращательном движении объекта**, используется следующее уравнение:

$$\text{Работа} = \text{Крутящий момент} * \text{Угловое перемещение} \quad (2.4)$$

Для расчета **мощности вращательного движения** используется то же уравнение 2.3, которым мы пользовались для того, чтобы рассчитать мощность поступательного движения.

Несмотря на то, что слово *сила*, как правило, применяется в отношении низкоскоростной деятельности, в то время как слово *мощность* зачастую применяется к высокоскоростным движениям, обе переменных отражают способность создавать усилие с заданной скоростью. **Мощность** – есть математическая функция силы и скорости.

Сила и Мощность. Сравнение

Наличие несоответствий между общепринятым и научным определениями мощности привело к возникновению путаницы. К примеру, в пауэрлифтинге, для которого характерны значительные силовые нагрузки и относительно невысокие скорости выполнения движений, уровень механической мощности относительно невелик в сравнении с некоторыми прочими видами спорта, к которым относится, например, Олимпийское тяжелоатлетическое двоеборье (6). Несмотря на это очевидное несоответствие, пауэрлифтинг вряд ли будет переименован (*прим. перев.* Дословный перевод: пауэрлифтинг - поднятие снарядов за счет мощностных возможностей атлетов, хотя правильнее было бы название стренгчлифтинг – поднятие с помощью силы). Во всех иных контекстах, профессионал в области силовой и кондиционной подготовки должен использовать слово *мощность* только в его научном смысле для того, чтобы избежать двусмысленности. Более того, несмотря на то, что слово *сила*, как правило, применяется в отношении низкоскоростной деятельности, в то время как слово *мощность* зачастую применяется к высокоскоростным движениям, обе переменные отражают способность создавать усилие с заданной скоростью. Мощность – есть математическая функция силы и скорости. Таким образом, в ситуации, когда известны любые две переменные из трио “сила, скорость и мощность”, величину третьей переменной можно вычислить математически. Если атлет способен выдавать значительное усилие или высокий уровень мощности при определенной скорости движения, т.е. демонстрировать именно ту способность, описание которой дается в тексте данного раздела – или, говоря другими словами, способность разгонять вес до определенной скорости. Следовательно, будет некорректно связывать силу с низкой скоростью движения, а мощность с высокой скоростью. Сила – это способность прилагать усилие с любой скоростью, а мощность – это математическая функция силы и скорости при любых скоростях. Что важно, так это способность выдавать усилие на скоростях, которые характерны именно для конкретного вида спорта, с целью преодоления действия силы тяжести и разгона тела атлета или спортивного снаряда до нужных скоростей. С точки зрения спортивных движений, которые выполняются на относительно невысоких скоростях по причине наличия значительного сопротивления, способность демонстрировать силу при низкой скорости является критически важной, при этом, в части высокоскоростных движений, которые становятся возможными в результате незначительного уровня сопротивления, на первый план выходит скоростная сила. К примеру, когда игроки защиты и нападения в Американском футболе толкают друг друга, то скорость их движения снижается по причине того, что команда оппонентов прилагает усилия, направленные на то, чтобы остановить движение игроков противоположной команды, а также потому, что тело оппонента обладает инерцией.

В силу того, что в подобных игровых ситуациях мускулатура игроков не может сокращаться на высокой скорости, способность выдавать высокий уровень силы и мощности на низкой скорости является достаточно важным аспектом спортивной подготовки атлетов в данном виде спорта. В противоположность этому, в бадминтоне мышцы атлетов крайне быстро развивают пиковые скорости, поскольку инерционное сопротивление от легкой ракетки и руки спортсмена минимальны. Таким образом, способность прилагать усилие и выдавать высокую мощность при высоких скоростях движения является критически важной с точки зрения резких изменений направления удара

В сравнении с пауэрлифтингом тяжелая атлетика (Олимпийское двоеборье) характеризуется гораздо более значительными уровнями мощности, поскольку в рамках тяжелоатлетических движений снаряды, имеющие значительный вес, перемещаются атлетами на более высоких скоростях.

Биомеханические аспекты силы

Несколько аспектов биомеханики организма человека являются определяющими с точки зрения проявления силовых возможностей. К числу таких аспектов относят нервную регуляцию, площадь поперечного сечения мышц, форму мышцы и ее отношение к сухожилию, длину мышцы, величину амплитуды движений в суставе, скорость сокращения мышц, угловую скорость движений в суставе, а также размеры тела. Ниже по тексту рассматривается влияние каждого из аспектов в привязке к силе, а также связи между силой и массой.

Нервная регуляция

Нервная регуляция влияет на силовые возможности мышцы, определяя какие двигательные единицы и в каком количестве будут **вовлечены (рекрутированы)** в процессе мышечного сокращения, а также скорость активации двигательных единиц (**кодирование скорости активации**) (4). Как правило, мышечная сила выше в тех случаях, когда (a) в процесс мышечного сокращения вовлекается большее количество двигательных единиц, (b) в процессе сокращения участвуют более крупные двигательные единицы, или (c) когда скорость активации выше. Значительная доля прогресса в направлении развития силы на первых неделях тренинга с отягощениями связана с адаптационными изменениями со стороны нервной системы, поскольку головной мозг учится вызывать более мощное усилие из того же объема сократительных тканей (33).

Среди тренеров-новичков очень часто встречается ситуация, когда они приходят в отчаяние по причине того, что они не могут поддерживать ту скорость развития клиента, которая была на нескольких первых неделях тренировочного процесса. Таким людям важно понимать, что они смогут получить результатом постоянное развитие своих клиентов при условии, что их подопечные будут соблюдать режим тренировок, и тогда прогресс придет через менее быстрые механизмы, примером которых может выступать мышечная гипертрофия.

Площадь поперечного сечения мышцы

При всех прочих равных, сила, которую может вырабатывать та или иная мышца, в большей степени связана с площадью поперечного сечения, и в меньшей степени с объемом мышцы (11, 31). К примеру, если два атлета с одинаковым процентом подкожного жира, но разным ростом, имеют одинаковый обхват бицепса, то площадь поперечного сечения в области плечевой части рук у них будет примерно одинаковой. Несмотря на тот факт, что у более высокого (а, значит, и более тяжелого) атлета мышца длиннее, и потому объемнее, сила бицепсов обоих атлетов будет примерно одинаковой. При том же уровне силы, но более значительном весе, возможности более рослого атлета в части подъема и ускорения своего собственного тела – к примеру, при выполнении калитенических и гимнастических упражнений – будут менее выраженными. Именно поэтому большинство гимнастов, принадлежащих к Элите спорта, имеют относительно невысокий рост. Как уже упоминалось в Главе 1, тренинг с отягощениями позволяет как развивать силу мышц, так и увеличивать площадь их поперечного сечения.

Форма мышцы

Научным способом было установлено, что для различных мышц диапазон сокращения максимальной мощности лежит в границах от 23 до 145 фунтов на квадратный дюйм (16-100 Н/см²) (21). Значительность данного диапазона отчасти объясняется обилием вариантов расположения и соосности саркомеров в привязке к наиболее длинной оси мышцы (Рисунок 2.11) (21). В **перистой мышце** волокна расположены под углом к сухожилию, что делает данную конфигурацию похожей на перо. **Угол перистости** – это угол между мышечными волокнами и воображаемой линией, которая идет от места начала мышцы к точке прикрепления мышцы; угол в 0° свидетельствует об отсутствии перистости. В организме человека перистый тип мышц встречается достаточно часто (20, 39), тем не менее, угол перистости крайне редко превышает 15°. По сути, угол перистости мышцы не является постоянной величиной, он увеличивается в результате мышечного сокращения. Любой фактор, который оказывает воздействие на угол перистости, таким образом, должен оказывать влияние и на силу, и скорость сокращения мышцы до тех пор, пока площадь поперечника остается неизменной.

Мышцы с более выраженной перистостью отличаются тем, что в них больше саркомеров, выстроенных параллельно, и меньше саркомеров, выстроенных последовательно; вследствие этого, в сравнении с прочей мускулатурой, перистые мышцы могут создавать более мощное усилие, но максимальная скорость их сокращения ниже. Для сравнения необходимо упомянуть, что меньшая степень перистости может рассматриваться в качестве благоприятного фактора с точки зрения мышечной деятельности с акцентом на резкие



Рисунок 2.11 Примеры формы мышц и расположения мышечных волокон

движения, поскольку в таком случае преобладающая часть саркомеров выстроена последовательно за счет уменьшения количества саркомеров, которые расположены параллельно. Степень перистости влияет на способность мышцы вырабатывать эксцентрические, изометрические или низкоскоростные концентрические усилия (40). Наиболее важно отметить тот факт, что, хотя угол перистости может меняться в зависимости от наследственных факторов, его можно изменить посредством тренинга, который лежит в основе различий в силе и скорости у двух людей с примерно одинаковыми мышечными объемами.

Длина мышцы

Когда длина мышцы соответствует ее длине в состоянии покоя, актиновые и миозиновые филаменты прилегают друг к другу, создавая таким образом конфигурацию, в которой возможно максимальное количество центров связывания посредством поперечных мостиков (Рисунок 2.12). Отсюда следует, что мышца может выдавать максимальное усилие при длине, соответствующей состоянию покоя. Когда мышца в значительной степени растянута относительно длины покоя, количество актиновых и миозиновых филаментов, прилегающих друг к другу снижается. В силу того, что количество потенциальных центров связывания поперечными мостиками также снижается, мышца становится неспособной выдать тот же уровень усилия, что и при длине покоя. Когда мышца в значительной степени сокращена (укорочена) относительно длины покоя, актиновые филаменты перекрываются, а количество центров связывания поперечными мостиками также снижается, вследствие чего, возможности мышцы в части выработки усилия ослабевают.

Величина амплитуды движений в суставе

Учитывая тот факт, что любые движения, даже те, которые имеют прямолинейный характер, осуществляются посредством вращательных движений в суставе или суставах, то выдаваемые мускулатурой усилия должны выражаться в виде крутящего момента (напоминаем читателю о том, что более высокое значение крутящего момента свидетельствует о более высоком потенциале в части выработки усилия, направленного на вращение конечности или части тела вокруг того или иного сустава); вследствие этого нам следует анализировать крутящий момент в привязке к амплитуде движений в суставе, но не величину усилия в привязке к амплитуде. Величина крутящего момента, который может быть вызван при движении в суставе, изменяется в зависимости от амплитуды движения в суставе, в основном по причине наличия связи между величиной усилия и длиной мышцы, а также в силу постоянного изменения конфигурации системы рычага, создаваемой динамической геометрией мускулатуры, сухожилий, и внутренних суставных структур. Работа данного принципа показана Рисунках 2.2, 2.3, и 2.4. Список дополнительных факторов, которые оказывают влияние на величину крутящего момента, включает в себя тип упражнений (изотонические,

изометрические и т.д.), расположение сустава, характер мускулатуры, которая крепится в области сустава, и скорость мышечного сокращения (10).

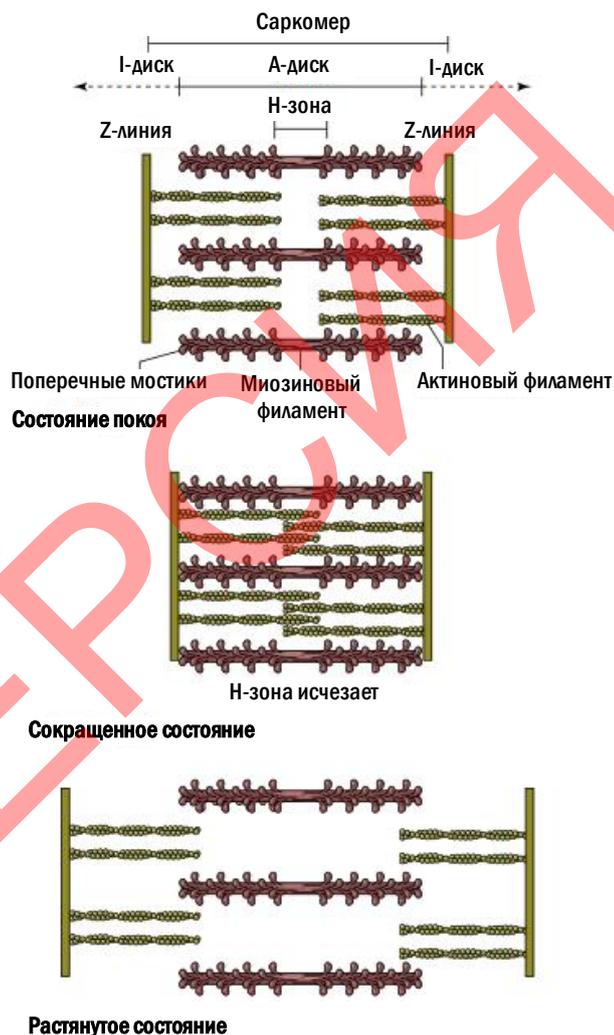


Рисунок 2.12 Схематическое представление взаимодействия между актиновыми и миозиновыми филаментами, когда длина мышцы соответствует длине в состоянии покоя, а также когда мышца сокращена или растянута. Силовой потенциал мышцы является максимальным, когда длина мышцы соответствует длине покоя, поскольку именно в этом состоянии потенциальное количество центров связывания через поперечные актино-миозиновые мостики является максимальным.

Скорость мышечного сокращения

Классические эксперименты, проведенные А.В. Хиллом (19) над изолированной мышцей животного продемонстрировали, что силовые возможности мышцы снижаются по мере увеличения скорости сокращения. График данной взаимосвязи является нелинейным, кривая силовых возможностей демонстрирует наиболее крутое падение в районе нижней границы скоростей движения (см. Рисунок 2.13). Техника выполнения движений является аспектом, позволяющим получить максимальную выгоду от существования данной взаимосвязи. К примеру, на начальной фазе прыжка вверх, руки осуществляют маховое движение вперед, тем самым, вызывая действие силы, вектор которой проходит через плечевые суставы и направлен вниз. Это замедляет движение тела вверх, а также заставляет мускулатуру таза и бедер сокращаться медленнее, чем она могла бы, что позволяет указанной мускулатуре создавать более мощное усилие в течение более длительного периода времени.

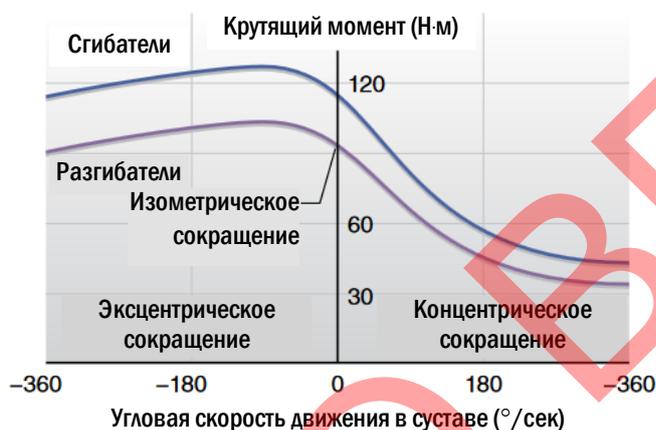


Рисунок 2.13 Кривые зависимости сила-скорость для эксцентрического и концентрического типов сокращений

Угловая скорость движений в суставе

Выделяют три основных типа мышечных сокращений, посредством которых внутри мышцы создаются усилия, в результате чего точки начала и крепления мышцы притягиваются друг к другу, если этому не препятствует действие внешних сил. Термин *мышечное действие* представляется более предпочтительным в сравнении с термином *сокращение*, поскольку последний дословно означает “укорочение”, что не является точным отражением смысла двух из трех типов мышечных действий.

- При **концентрическом мышечном действии**, мышца сокращается, поскольку сила сокращения превышает силу сопротивления. Усилия, которые создаются внутри мышцы и оказывают на нее укорачивающее действие, являются более значительными в сравнении с внешними силами, которые воздействуют на сухожилия мышцы и вызывают ее удлинение.

Плавание и велоспорт являются примерами спортивных направлений, для которых характерно практически полное преобладание концентрического типа мышечной деятельности.

- При **эксцентрическом мышечном действии**, мышца удлиняется, поскольку сила сопротивления превышает силу сокращения. Усилия, которые создаются внутри мышцы и оказывают на нее укорачивающее действие, являются менее значительными в сравнении с внешними силами, которые воздействуют на сухожилия мышцы и вызывают ее удлинение (что, в свою очередь, повышает риск болей и травм). Подобная ситуация возникает, когда атлет опускает снаряд при выполнении любого упражнения с отягощением. В рамках стандартного тренинга с отягощениями, эксцентрическое усилие, вырабатываемое соответствующей мускулатурой, не позволяет снаряду начать свободное падение под действием силы тяжести. Таким образом, снаряд движется вниз размеренно с постоянной скоростью, а не ускоряется до соударения с поверхностью пола или телом атлета.
- При **изометрическом мышечном действии**, длина мышцы не меняется, поскольку сила сокращения равна силе сопротивления. Усилия, которые создаются внутри мышцы и оказывают на нее укорачивающее действие, уравновешиваются внешними силами, которые воздействуют на сухожилия мышцы и приводят к ее удлинению. При выполнении подъема корпуса из положения лежа (сит-ап пресс) мускулатура брюшного пресса действует изометрически, сохраняя выпрямленное положение туловища, а мышцы-сгибатели бедра делают основное движение, направленное на подъем корпуса. В противоположность этому, когда атлет делает упражнение “скручивание на пресс”, на фазах подъема и опускания туловища мускулатура брюшного пресса осуществляет концентрические и эксцентрические действия соответственно.

Величина создаваемого мышцей крутящего момента меняется в зависимости от угловой скорости движения в суставе в соответствии с типом мышечного действия (Рисунок 2.13). С помощью тестов было продемонстрировано, что в ходе изокинетической (при постоянной скорости) концентрической мышечной деятельности, величина крутящего момента снижается с ростом угловой скорости. В противоположность этому, в ходе эксцентрической деятельности, с увеличением угловой скорости движения в суставе, показатели величины крутящего момента растут до величины примерно в $90^\circ/\text{сек}$ (1.57 рад/сек), после чего значение данной величины постепенно падает (4). Говоря иными словами, это значит, что максимальный уровень мышечного усилия может быть выработан при эксцентрическом мышечном действии.

В качестве примера можно описать ситуацию, когда атлет при выполнении упражнения использует “читинг”, поскольку не может поднять снаряд чисто, т.е. без нарушений в правильной технике. К примеру, когда при выполнении подъема штанги на бицепс движение останавливается в “мертвой точке” по причине того, что концентрического усилия со стороны сгибателей руки в локтевом суставе недостаточно, атлет, как правило, наклоняет корпус назад, что позволяет сгибателям локтя увеличить выдаваемое усилие, действуя изометрически или эксцентрически, и, таким образом, продолжить движение штанги вверх.

Отношение сила-масса

В таких видах спортивной деятельности, как спринтерский бег и прыжки в длину, значение отношения суммарной величины выдаваемого усилия к суммарной массе частей тела, которые разгоняются во время выполнения движения, носит критически важный характер. Таким образом, величина отношения сила-масса напрямую демонстрирует возможности атлета в части ускорения своего тела. Если в результате тренировочного процесса масса тела атлета увеличивается на 15%, но силовые возможности организма повышаются лишь на 10%, то это свидетельствует о снижении величины отношения сила-масса, а значит, и ослаблении способности атлета развивать ускорение. Спринтеры и специалисты по прыжкам в длину могут варьировать мышечную массу в различных частях тела для того, чтобы получить максимальное значение отношения сила-масса, что позволит им получать наивысший результат во время соревнований.

Величина отношения сила-масса критически важна в тех видах спорта, где спортсмены делятся на категории на основании массы тела. Если у всех участников соревнования масса тела примерно одинаковая, то победу одержит самый сильный из них. Следует отметить, что для высокорослых атлетов нормально, когда характерная для их габаритов величина отношения сила-масса ниже аналогичного показателя для низкорослых атлетов, поскольку с ростом габаритов тела, мышечный объем (и, одновременно с этим и масса тела) увеличивается более высоким темпом нежели, чем площадь поперечного сечения мускулатуры (и, одновременно с этим, сила) (9). Метод проб и ошибок может помочь атлетам определить весовую категорию, в которой их силовые показатели будут максимальными в сравнении с прочими атлетами из этой категории. Когда атлет четко определяет наиболее выгодный вес, его задачей становится максимальное развитие силового потенциала в рамках именно этой весовой категории.

Размеры тела

С давних пор было отмечено, что при всех прочих равных, менее рослые атлеты (при оценке, основанной на килограммах массы тела) сильнее, чем более рослые (9). Причина этого заключается в том, что максимальная

сократительная способность мышцы практически пропорциональна площади поперечного сечения этой мышцы, что имеет привязку к квадрату (вторая степень) линейных размеров тела, в то время как масса мышцы пропорциональна ее объему, что имеет привязку к кубу (третья степень) линейных размеров тела. Таким образом, по мере роста размеров тела, масса тела растет быстрее, чем мышечная сила. При условии, что пропорции тела атлета остаются постоянными, для менее рослого атлета будет характерно более высокое значение отношения сила-масса в сравнении с более высокорослым (9).

В среде специалистов по подготовке атлетов всегда наблюдался интерес в части сравнения характеристик работоспособности спортсменов из различных весовых категорий. Наиболее очевидный метод сравнения заключается в делении результата атлета в том или ином движении на массу тела самого атлета. Тем не менее, подобный метод оценки содержит систематическую ошибку, поскольку он не учитывает падения величины отношения масса-сила, который происходит с ростом массы тела. Было разработано большое количество формул для более точной оценки силовых возможностей. В **классической формуле**, вес снаряда делится на массу тела в степени две третьих, что позволяет принять во внимание наличие взаимосвязи между площадью поперечного сечения и объемом мышцы. Были также разработаны другие формулы, поскольку описанный выше метод, как представлялось ряду специалистов, работал в пользу атлетов со средней массой тела, в то время как приоритет спортсменов с низкой и высокой массой тела был занижен (5). Тем не менее, вывод, сделанный на основании результатов расчетов с помощью классической формулы, о том, что работоспособность атлетов из средней весовой категории, как правило, является наивысшей, может, и в самом деле, быть беспристрастным и не содержащим системную ошибку. В силу того, что кривая, посредством которой описывается нормальное распределение антропометрических характеристик населения нашей планеты, имеет колоколообразный профиль, масса тела основной части населения распределяется вблизи среднего значения.

В таких видах спортивной деятельности как спринтерский бег и прыжки в длину, значение отношения суммарной величины выдаваемого усилия к суммарной массе частей тела, которые ускоряются во время выполнения движения, носит критически важный характер. Таким образом, величина отношения сила-масса напрямую демонстрирует возможности атлета в части ускорения своего тела.

Источники сопротивления мышечному сокращению

Наиболее часто упоминаемыми источниками сопротивления при выполнении силовых упражнений являются сила тяжести, инерция, трение, сопротивление жидкости, а также упругость. В данном разделе содержится информация об уровне силы и мощности, который необходим для того, чтобы преодолеть влияние, оказываемое перечисленными выше формами сопротивления. Понимание принципов работы тренажеров с различными формами отягощения может помочь в понимании эффективности их работы и степени применимости таких машин в рамках тренировочного процесса.

Сила тяжести

Это сила, с которой объект действует на опору или подвес вследствие притяжения Земли. Иначе ее называют весом тела, она равняется произведению массы тела на местное значение ускорения свободного падения:

$$F_g = m * a_g \quad (2.5)$$

где F_g – это сила, с которой объект действует на опору или подвес (то же самое что вес тела), m – это масса объекта, a_g – это местное значение ускорения свободного падения. Величина ускорения свободного падения может отличаться в зависимости от географического положения объекта. Взвешивание штанги на правильно откалиброванных пружинных или электронных весах позволяет узнать фактический вес штанги. А вот балансировочные весы позволяют определить только массу объекта, вследствие чего его вес можно вычислить на основании уравнения 2.5 в том случае, когда безмен или электронные весы отсутствуют.

Как правило, в широких массах терминологию в части веса и массы применяют неправомерно. К примеру, некоторые производители дисков для штанг и плит нагружения в тренажерах маркируют свои изделия в фунтах. Однако, фунт – это единица измерения силы, но не массы. В действительности, неизменной остается только масса диска для штанги, а вот ее вес меняется в соответствии с местным значением ускорения свободного падения. Массу диска будет показывать маркировка в килограммах. Также некорректно говорить, что некий объект весит столько-то килограммов, поскольку вес относится к силе, но не массе. Вместо этого следует говорить: “Масса штанги равняется 85 кг”. На максимальную массу снаряда, который атлет может поднять, влияет географическое положение того места, где атлет этим занимается, в силу наличия небольших различий в величине ускорения свободного падения (см. Таблицу 2.1). Штанга массой 85 кг на Луне может ощущаться как снаряд с массой примерно 14 кг, даже несмотря на тот факт, что ее физические свойства не меняются.

Применимость данного принципа при тренинге с отягощениями

Вектор действия силы тяжести всегда направлен вертикально вниз. Учитывая тот факт, что в соответствии с определением, плечо силы, посредством которого создается крутящий момент, действует в направлении, перпендикулярном линии действия силы, можно сделать вывод о том, что плечо силы веса снаряда всегда принадлежит горизонтальной плоскости. Отсюда, крутящий момент, который вызван действием веса снаряда, является произведением веса на расстояние от центра снаряда до точки опоры (сустава), отложенным на горизонтальной оси. Во время выполнения упражнения мы наблюдаем следующую картину: вес снаряда не меняется, при этом, расстояние между центром снаряда и осью сустава, отложенное на горизонтальной оси, меняется постоянно. Чем ближе вес к суставу в проекции на горизонтальную ось, тем меньше крутящий момент силы сопротивления; чем дальше снаряд от сустава в проекции на горизонтальную ось, тем больше момент сопротивления. К примеру, при выполнении подъема штанги на бицепс, горизонтальное расстояние между осью локтевого сустава и штангой является максимальным, когда предплечье расположено горизонтально. Таким образом, атлет вынужден выдавать максимальную величину крутящего момента для того, чтобы удерживать снаряд в данном положении. Плечо силы укорачивается по мере того, как предплечье будет перемещаться вверх или вниз от горизонтального положения по круговой траектории, тем самым, снижая крутящий момент силы сопротивления, который вызван действием веса снаряда (см. Рисунок 2.7). В случае, когда снаряд определенного веса располагается непосредственно над или под точкой опоры (осью локтевого сустава), крутящий момент силы сопротивления будет равняться нулю.

В ходе тренировочного процесса, техника выполнения упражнения может напрямую влиять на характер изменения величины крутящего момента силы сопротивления, а также на распределение нагрузки между различными мышечными группами. К примеру, при выполнении приседа со штангой на спине, увеличение наклона корпуса приводит к тому, что снаряд перемещается ближе к коленям, таким образом, снижая величину момента сопротивления, действующего на коленные суставы, который должны преодолевать квадрицепсы для того, чтобы завершить очередное повторение. В то же время, снаряд удаляется от тазобедренного сустава в проекции на горизонтальную плоскость, что увеличивает величину момента сопротивления, действующего на тазобедренный сустав, который должна преодолевать мускулатура задней поверхности бедра и ягодичных мышц. Подобный характер изменения величины момента сопротивления, как правило, встречается в ситуации, когда штанга располагается максимально низко в области верхней части спины (подобный присед зачастую называют приседом со штангой в нижней позиции); в ходе такого приседа

атлет вынужден наклонять туловище относительно далеко вперед для того, чтобы центр масс системы штангист/штанга оставался в вертикальной проекции стоп, что позволяет ему не падать вперед или назад. По причине того, что при подобной технике выполнения приседа, штанга располагается относительно далеко от тазобедренного сустава и близко к коленным, основная нагрузка ложится на мышцы-разгибатели бедра, а не на разгибатели колена. Противоположная ситуация возникает в ходе приседа со штангой в верхней позиции, когда штангу кладут выше и ближе к шее. В результате такого расположения штанги увеличивается крутящий момент силы сопротивления, который действует на коленные суставы, при этом одновременно снижается величина момента сопротивления, действующего на тазобедренный сустав (что обратная ситуация с приседом со штангой в нижней позиции).

Техника выполнения упражнения может напрямую влиять на характер изменения величины крутящего момента силы сопротивления, а также на распределение нагрузки между различными мышечными группами.

Грузоблочные тренажеры

Как и в ситуации со свободными весами, при тренинге с помощью грузоблочных тренажеров в качестве источника сопротивления выступает сила тяжести. С помощью различных блоков, эксцентриков, кабелей и передаточных механизмов, данный тип тренажеров позволяет контролировать направление и характер нагружения. Как свободные веса, так и блочные тренажеры, обладают своими преимуществами и недостатками. Ниже перечислены некоторые преимущества тренажеров грузоблочного типа:

- **Безопасность.** Вероятность получения травмы в результате того, что атлет может удариться о снаряд, запнуться за снаряд, или уронить его на себя в значительной степени снижена. Для того, чтобы сохранять контроль при выполнении упражнения на тренажере, атлету требуется меньше опыта и концентрации в сравнении с работой со свободным весом.
- **Гибкость конструктивного исполнения.** Тренажеры могут быть сконструированы специальным образом, позволяя использовать выдаваемую ими силу сопротивления в качестве нагрузки в ходе выполнения определенных движений, которые сложно нагрузить с помощью свободных весов (в качестве примера можно привести тренажеры, предназначенные для выполнения тяги вертикального блока сидя, приведения и отведения бедра, сгибания ног лежа). До некоторой степени, характер сопротивления

может быть учтен и заложен в конструкцию тренажера.

- **Простота использования.** Многие из тех, кто опасается, что им не хватает координации или техники для безопасного тренинга со свободным весом, чувствуют себя уверенно в ходе выполнения упражнений на тренажерах. Кроме того, гораздо проще и быстрее установить нужную величину отягощения с помощью фиксатора на тренажере, нежели чем с помощью навешивания дисков на штангу.

Преимущества тренинга со свободными весами:

- **Проработка практически всей мускулатуры одновременно.** Упражнения со свободными весами, как правило, выполняются в положении стоя, при этом в качестве опоры для снаряда используется тело целиком, в результате чего нагружается значительная часть мускулатуры и скелета, что не характерно для тренинга на тренажерах грузоблочного типа. Выполнение подобных упражнений со свободными весами способствует минерализации костей, что помогает избежать остеопороза в зрелом возрасте (13). Более того, границы диапазона перемещения свободного веса задаются самим атлетом, а не конструктивными элементами тренажера, вследствие чего мускулатура атлета также вынуждена выполнять функцию стабилизации и поддержки. Такие многосуставные упражнения как силовой подъем штанги на грудь и рывок штанги являются в высшей степени полезными, позволяя обеспечить стимулирующее воздействие на преобладающую часть мускулатуры организма.
- **Схожесть с двигательной деятельностью из реальной жизни.** Подъем и придание ускорения спортивным снарядам являются центральной идеей преобладающего количества спортивных направлений и прочих видов деятельности, требующих физической активности. С помощью тренажеров, как правило, изолированно прорабатывается одна мышечная группа, в то время как тренинг со свободными весами требует более точной координации и работы нескольких мышечных групп, что гораздо больше походит двигательную деятельность, присущую реальной жизни.

Компания Nautilus Sports/Medical Industries занималась популяризацией концепции, которая заключалась в возможности подстройки и изменения величины момента сопротивления в рамках рабочей амплитуды тренажера за счет введения в конструкцию эксцентрика (элемента с переменным радиусом), что позволяло изменять длину плеча силы, посредством которого и работает грузоблочная система (стопка плит нагружения) машин подобного типа (Рисунок 2.14). Разработчики мотивировали свои предложения по части изменений в конструкции тем, что новый вариант

позволяет давать более значительную нагрузку на тех участках амплитуды, где мышцы могли бы выдавать более высокий крутящий момент, а также менее значительную нагрузку в тех точках амплитуды, где мышцы могли бы работать с меньшей нагрузкой. Однако, для того, чтобы вся система работала так, как это было запланировано, тело атлета должно было двигаться с постоянной и небольшой угловой скоростью, что достаточно сложно делать монотонно. Кроме того, тренажеры с эксцентриками зачастую не соответствуют возможностям среднестатистических людей в части характера динамики крутящего момента (9).

Инерция

В дополнение к действию силы тяжести, штанга или стопка плит нагружения в тренажере после того, как ей было придано ускорение, также воздействует на тело атлета посредством **силы инерции**. Принимая во внимание тот факт, что сила тяжести может быть направлена только вертикально вниз, необходимо отметить, что инерциальная сила может быть действовать в любом направлении. Величина усилия, посредством которого атлет поднимает снаряд вверх, равняется массе снаряда плюс величина силы инерции, которая равна произведению массы на ускорение штанги в направлении вверх. Штанга приобретает ускорение в горизонтальной плоскости, если равнодействующая всех прилагаемых атлетом сил направлена вперед, назад, вправо или влево. Практически для всех упражнений характерно наличие ускорения на начальной фазе движения, которое необходимо, чтобы скорость движения штанги вверх изменилась с нулевой до требуемой, а также снижение скорости движения вблизи верхней точки амплитуды снаряда, которое необходимо для того, чтобы скорость штанги снова стала нулевой, поскольку в противном случае она может продолжить двигаться по заданной траектории и вылететь из рук атлета. При подобном характере изменения ускорения, мышцы агонисты получают нагрузку, превышающую вес штанги на начальном этапе амплитуды, при этом при приближении к верхней границе амплитуды, величина сопротивления будет ниже веса штанги в силу наличия инерции (27). Атлет способен снизить скорость движения штанги либо (а) ослабив усилие, направленное на подъем штанги, до уровня, который не превышает массу самой штанги, чтобы определенная часть или полный вес штанги работал на то, чтобы затормозить ее движение, или (б) толкая штангу сверху вниз, используя для этого мышцы-антагонисты. В любом случае, замедление штанги имеет своим следствием снижение сопротивления деятельности мышц-агонистов в конце амплитуды движения снаряда.

В сравнении со спортивными упражнениями, для которых характерна низкая динамика движений атлета и минимальное ускорение рабочего снаряда, те упражнения, которые требуют высокой динамики (т.н. "взрывные" движения) дают более высокий уровень нагружения мускулатуры, включающейся в работу на конечном участке амплитуды движения.

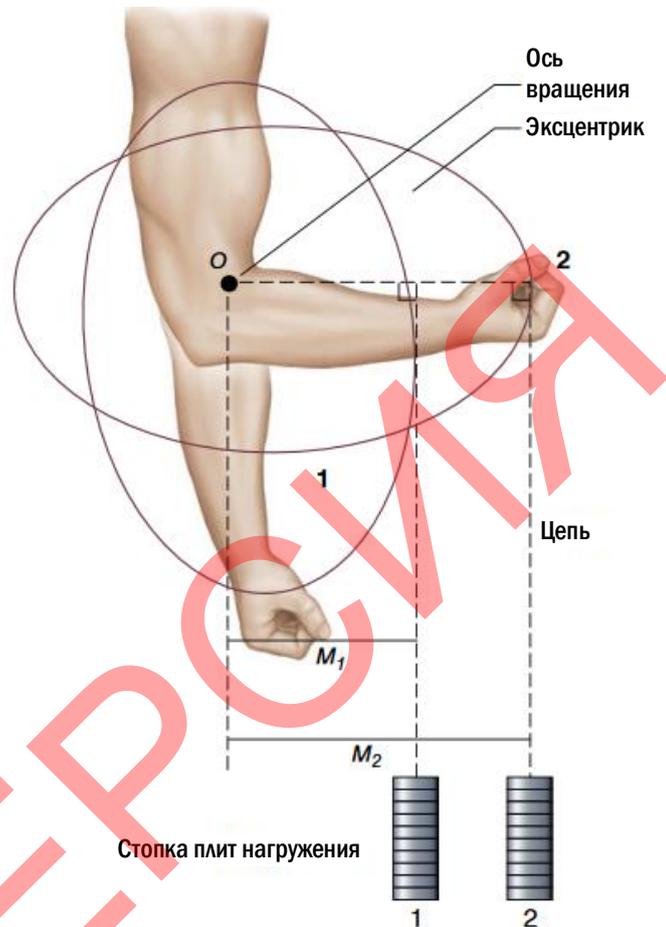


Рисунок 2.14 В тренажерах с эксцентриком, плечо силы (M) стопки плит нагружения (расстояние от цепи до оси вращения эксцентрика, отложенное на горизонтальной оси) изменяется в рамках амплитуды движения в тренажере. Когда эксцентрик посредством вращательного движения переходит из положения 1 в положение 2, плечо силы грузоблочной системы, а, значит, и величина момента сопротивления увеличивается.

Тем не менее, в силу наличия инерциальной составляющей, при выполнении взрывных упражнений можно поднимать более значительный вес, в сравнении с теми движениями, для которых характерна низкая динамика. К примеру, при выполнении силового подъема тяжелой штанги на грудь, массивная мускулатура ног, таза и спины выполняет работу, направленную на придание штанге такого ускорения (в направлении вертикально вверх), которого было бы достаточно для того, чтобы штанга приобрела необходимую скорость движения даже несмотря на то, что более слабая мускулатура верхней части тела неспособна выдавать усилие, по величине равное весу самой штанги. После этого, штанга продолжает двигаться вверх до тех пор, пока действие силы тяжести не

приведет к полной остановке штанги в верхней точке амплитуды.

Несмотря на тот факт, что наличие ускорения меняет природу упражнения и делает характер сопротивления менее предсказуемым, наличие ускорения нельзя во всех ситуациях считать неблагоприятным фактором. В силу того, что наличие ускорения присуще естественной двигательной деятельности в рамках спорта и повседневной жизни, упражнения с отягощениями, в которых присутствует составляющая ускорения, вероятно, могут вызывать требуемые тренировочные изменения в работе нервно-мышечной системы. Такие движения из Олимпийского тяжелоатлетического двоеборья как рывок и толчок являются достаточно эффективными в части развития способности, которая заключается в придании тяжелому спортивному снаряду мощного ускорения (25).

Ускорение и торможение присущи практически всем естественным движениям. К примеру, спринтерский бег требует, чтобы руки и ноги спортсмена работали в рамках повторяющихся циклом ускорений и торможений. Метание диска или копья, толкание ядра, бросок бейсбольного мяча – все перечисленные виды упражнений требуют от атлета выполнения последовательности движений, которые в результате приводят к разгону снаряда до высокой скорости в момент, когда атлет выпускает его из пальцев. В силу того, что ускорение является неотъемлемым аспектом двигательной деятельности, тренинг, в программу которого входят взрывные движения, может добавлять тренировочному процессу специальную направленность (специфичность). Поэтому взрывные движения типа силового подъема на грудь и толчковой тяги используются при подготовке атлетов из широкого спектра спортивных направлений, для которых характерно участие мускулатуры ног и таза в создании усилия, направленного на ускорение тела. Применение **“метода вилки”** в ходе которого атлет выполняет спортивное движение под действием отягощения, которое выше и ниже нормального, является еще одним видом тренинга с ускорениями. В соответствии с графиком взаимосвязи сила-скорость для мускулатуры человека, толкатель ядра, тренирующийся с ядром, масса которого превышает стандартную, развивает в себе способность выдавать более значительное усилие на этапе разгона, поскольку инерция более тяжелого снаряда заставляет мышцы сокращаться на относительно низкой скорости. Когда на тренировках используется ядро, которое легче стандартного, более низкая инерция снаряда позволяет спортсмену выталкивать его более мощно, что способствует увеличению скорости снаряда в момент отрыва от руки атлета, тем самым, приучая нервно-мышечную систему к работе при требуемой величине ускорения и скорости. Несмотря на наличие теоретических доказательств того, что принцип вилки (работы с заниженным и завышенным уровнем) нагрузки, согласно его описанию, развивает способность придавать ускорение телу и спортивным снарядам,

посредством методов, описание которых было изложено выше, специалисту по подготовке следует принимать во внимание то воздействие, которое оказывают подобные изменения в нагрузке при занятиях высокоспециализированной и технически сложной деятельностью типа метания или спринтерского бега. К примеру, изменение массы снаряда может оказывать негативные последствия на технику движения, поскольку организму требуется время на то, чтобы скорректировать двигательный шаблон под ту часть движения, которая выполняется с новым уровнем нагрузки.

Трение

Трение – это сила сопротивления, возникающая, когда один объект пытаются перемещать, прижимая его к поверхности другого объекта. К спортивным механизмам, в которых трение используется в качестве основного источника сопротивления, относят велоэргометры с ременной системой торможения или тормозными колодками, а также ряд тренажеров, направленных на повышение силы хвата. Для механизмов подобного типа,

$$F_R = k * F_N \quad (2.6)$$

где F_R — это сила сопротивления; k – это коэффициент трения между двумя поверхностями, а F_N – это сила нормального давления, которая прижимает объекты друг к другу.

Величина коэффициента трения, который присущ для момента начала движения, будет отличаться от величины коэффициента трения во время движения. При всех прочих равных, более значительное усилие требуется на то, чтобы запустить движение одного объекта по поверхности второго, нежели чем на то, чтобы поддерживать движение, которое было запущено ранее. Таким образом, особенность работы на тренажерах, в которых в виде основного способа нагружения выступает трение, заключается в том, что атлету требуется приложить относительно значительное усилие для того, чтобы начать движение, и после этого уровень прилагаемых усилий будет примерно одинаковым вне зависимости от дальнейшей скорости выполнения упражнений. Величина сопротивления, которое выдают подобные тренажеры, в некоторых вариантах конструктивного исполнения может изменяться с помощью механизма, предназначенного для корректировки величины силы нормального давления, посредством которой поверхности трения сохраняют контакт друг с другом.

Нагруженные сани, используемые для тренинга в таких спортивных направлениях как американский футбол или легкоатлетический бег, являются примером снаряда, в котором в качестве силы сопротивления выступают как трение, так и инерция. Величина сопротивления, вызванного инерцией саней, прямо пропорциональна массе саней и ускорения саней. Величина сопротивления, которое возникает в результате трения полозьев саней об опорную

поверхность, пропорциональна как коэффициенту трения между контактирующими поверхностями, так и величине равнодействующей силы, прижимающей сани к земле. Равнодействующая сила вычисляется как сила тяжести минус сила, которая направлена вверх в результате действий атлета, толкающего сани. Допускается дополнительное нагружение саней с целью увеличения эффекта действия силы тяжести. Значение коэффициента трения меняется для разных опорных поверхностей, по которым толкают сани (песок, почва, сухая трава, мокрая трава). Таким образом, при тренинге на открытом воздухе, подобные спортивные снаряды не могут гарантированно обеспечивать нужный уровень нагрузки 100% времени их использования. Тем не менее, они остаются полезными в тех ситуациях, где необходимо сопротивление при движении по горизонтали, что нельзя напрямую получить с помощью стандартных методов нагружения. Для того, чтобы сдвинуть сани с места требуется более значительное усилие, нежели чем на то, что продолжать перемещать сани по опорной поверхности, поскольку величина коэффициента статического трения всегда выше величины трения скольжения. После того, как сани пришли в движение, значение коэффициента трения скольжения остается относительно постоянным. Отсюда можно сделать вывод о том, что сопротивление трения не меняется в ответ на изменение скорости. Тем не менее, в соответствии с уравнением 2.3, при росте скорости увеличивается выдаваемая мощность. Кроме того, согласно уравнению 2.1, на этапе перехода с низкой на высокую скорость, возникает дополнительная нагрузка, вызванная наличием ускорения.

Гидравлическое сопротивление

Сила сопротивления, которую испытывает объект,двигающийся через среду (жидкую или газообразную), или среда, проходящая через объект или отверстие в нем, или обтекающая его, называется **гидравлическим сопротивлением**. Гидравлическое сопротивление следует рассматривать как весьма значительный фактор с точки зрения таких видов спортивной деятельности как плавание, гребля, гольф, спринтерский бег, метание диска, и выполнение подачи в бейсболе. (За исключением плавания и гребли, где средой, оказывающей сопротивление, является вода, во всех остальных случаях мы рассматриваем сопротивление воздуха). Данный феномен стал играть важную роль в тренинге с отягощениями с наступлением эпохи гидравлических (рабочая среда - жидкость) и пневматических (газ) тренажеров, а также ростом популярности тренинга в бассейне, в особенности среди пожилых людей и беременных женщин. Гидравлические потери принято разделять на два вида: **потери на трение по длине**, которые возникают в результате трения жидкости о поверхность объекта (трубы), и **местные гидравлические потери**, которые обусловлены трением о переднюю или заднюю поверхность объекта, деформирующего поток. Величина местных

гидравлических потерь во многом зависит от профиля поперечного сечения (фронтальной поверхности) объекта.

В конструкции гидравлических тренажеров, как правило, присутствует цилиндр, в котором в ходе выполнения упражнения, происходит выталкивание жидкости через отверстие с помощью движения поршня. Сила сопротивления выше, когда поршень движется быстрее, когда отверстие имеет меньший диаметр, или, когда жидкость приобретает более высокую вязкость. При всех прочих равных, величина сопротивления пропорциональна скорости движения поршня:

$$F_R = k * v \quad (2.7)$$

где F_R — это сила сопротивления; k — это константа, которая отражает физические свойства цилиндра и поршня, вязкость жидкости, а также количество, форму и размер отверстий; а v — это скорость движения поршня относительно цилиндра.

В силу того, что цилиндр, заполненный жидкостью, оказывает сопротивление, которое пропорционально скорости движения поршня, гидравлические тренажеры позволяют работать со значительным ускорением на начальной фазе движения, однако величина ускорения не может быть изменена в значительных пределах после того, как само движение приобретет высокую скорость. Таким образом, скорость движения при тренинге на гидравлических тренажерах, как правило, остается в промежуточном диапазоне.

Несмотря на тот факт, что для подобных тренажеров присуще ограничение скорости движения до определенной степени, их нельзя рассматривать в качестве изокINETических машин (где движение происходит с постоянной скоростью), как иногда заявляют производители. В некоторых моделях тренажеров имеются органы регулировки, позволяющие менять диаметр отверстия. Более значительный диаметр отверстия позволяет развивать более высокие скорости движения до того, как действие силы гидравлического сопротивления вызовет падение скорости.

Тренажеры с гидравлическим сопротивлением не работают на фазе эксцентрического мышечного действия, однако такое возможно, если в конструкции тренажера имеется внутренний насос. При тренинге со свободным весом, мускулатура работает концентрическим образом, когда атлет поднимает снаряд, в то время как эксцентрическая мышечная деятельность осуществляется на этапе опускания снаряда. При тренинге на гидравлическом тренажере, конструкция которого не предполагает наличия эксцентрической составляющей движения, мускулатура работает концентрическим образом при выполнении основного тренировочного движения, в то время как группы мышц-антагонистов действуют концентрически на этапе возврата к исходному положению. Другими словами, в то время как тренинг со свободным весом или с использованием грузоблочных тренажеров отличается чередованием концентрической и эксцентрической фаз мышечных

действий, выполняемых одной и той же мускулатурой с незначительными паузами или без пауз между повторениями, гидравлические тренажеры, как правило, требуют задействования мышц-антагонистов в ходе концентрического действия; таким образом, группы мышц-мобилизаторов отдыхают, когда работают их антагонисты. Недостаточность объема эксцентрических мышечных действий при тренинге на гидравлических тренажерах подразумевает, что такие тренажеры не позволят добиться оптимума в рамках тренировочного процесса для тех видов спорта, для которых характерно преобладание эксцентрической мышечной деятельности (к примеру, бег, прыжки в длину и метание различных снарядов).

Упругость

Определенный спектр тренажеров, в частности те, которые предназначены для домашнего использования, имеют в своей конструкции упругие элементы типа пружин, лент, дуг и тяг, выступающих в качестве источника сопротивления. Величина сопротивления, оказываемого стандартным упругим элементом механизма, пропорциональна расстоянию, на которое растягивается данный элемент:

$$F_R = k * x \quad (2.8)$$

где F_R — это сила сопротивления; k — это константа, которая отражает физические свойства растягивающегося элемента конструкции, а x — это расстояние, на которое увеличивается длина элемента относительно состояния покоя.

Наиболее очевидная характеристика упругого сопротивления заключается в том, что оно растет по мере растяжения растяжимого элемента. Проблема, связанная с тренировочными механизмами, которые используют действие упругого сопротивления, заключается в том, что практически любое движение начинается при низком уровне сопротивления, а заканчивается при высоком сопротивлении. Подобный характер деятельности входит в противоречие с характером деятельности фактически любых мышечных групп в составе организма человека, поскольку для них присуще значительное падение потенциала выработки усилия на заключительных участках амплитуды движения. Другая проблема, связанная с тренажерами с упругим сопротивлением, заключается в том, что возможность корректировки нагрузки, как правило, ограничена количеством растягивающихся конструктивных элементов, посредством которых осуществляется нагружение. Оптимальный по конструкции тренажер подобного типа должен обладать возможностями изменения силы сопротивления в достаточно широком диапазоне, чтобы клиент зала мог сделать нужное ему количество повторений.

Существуют изделия, которые позволяют развивать силу прыжка посредством выполнения прыжка вверх с сопротивлением, которое обеспечивается за счет наличия растягивающихся

ремней или петель. Тем не менее, необходимо отметить, что эластичные ремни или петли дают относительно низкое сопротивление на начальной фазе прыжка, когда достаточно объемные группы ягодичных мышц и четырехглавой мышцы бедра могут выдавать гораздо более значительное усилие. Петли позволяют получить максимальный уровень сопротивления в момент, когда прыгун находится в воздухе — тем самым, в основном, притягивая тело атлета к опорной поверхности, но не оказывая сопротивления деятельности мускулатуры, при этом увеличивая скорость, с которой прыгун соприкасается с землей, что может привести к увеличению риска получения травмы.

Биомеханика суставов: проблемы,

связанные с тренингом с отягощениями

Как и при занятиях любым видом физической деятельности, при тренинге с отягощениями также присутствуют определенные риски. Тем не менее, риски, характерные для тренинга с отягощениями, как правило ниже, чем при занятиях прочими видами спорта или физической деятельности, направленной на развитие выносливости (36, 37). Величина коэффициента травматизма достигает максимальных значений при занятиях командными видами спорта; уровень травматизма средний при занятиях бегом или аэробикой; а наименьший травматизм наблюдается при занятиях велоспортом, ходьбой, тренингом с отягощениями, причем необходимо отметить, что последний из перечисленных видов деятельности характеризуется в среднем 4 случаями травм на 1000 тренировочных часов. Исследование, в рамках которого изучались студенты, игравшие в Американский футбол, показало, что степень травматизма при занятиях тренингом с отягощениями равнялась 0,35 случаев травм на 100 человек за сезон. Доля травм, связанных с тренингом с отягощениями, в структуре общих потерь времени игроков ввиду травм, составляла лишь 0,74% (44). Несмотря на относительно низкий уровень рисков, связанных с тренингом с отягощениями, любому специалисту следует стремиться к минимизации вероятности получения травм за счет использования рациональной стратегии управления рисками. Ниже перечислены несколько факторов, на которые следует принимать во внимание, если вы хотите избежать травм при тренировках с отягощениями, при этом особое внимание следует уделять спине, а также коленным и плечевым суставам.

Риски, характерные для тренинга с отягощениями, как правило ниже, чем при занятиях прочими видами спорта или физической деятельности, направленной на развитие выносливости

Спина

В отличие от четвероногих животных, у которых позвоночный столб висит подобно несущим кабелям навесного моста, люди, как правило, стоят прямо, позвонки в рамках позвоночного столба располагаются один над другим, а между ними находятся упругие межпозвоночные диски. Преимущества, которые мы получаем от прямохождения и свободного использования рук и ладоней, уравниваются недостатками, которые выражаются в наличии сдавливающей силы, действующей на позвонки, даже при обычном стоянии, сидении, ходьбе или беге – увеличивающейся при подъеме и переносе тяжестей (14). Когда человек находится в положении стоя, любое усилие, вырабатываемое мускулатурой верхней части тела, должно передаваться через спину на ноги и опорную поверхность. В дополнение к этому необходимо отметить, что мускулатура спины действует со значительным проигрышем в силе, и должна вырабатывать усилия, которые гораздо значительнее веса того объекта, который поднимают. Именно по этим причинам спина в особенности подвержена травмам. При этом, следует обратить внимание на то, что внутренние нагрузки в позвоночном столбе меняются в широком диапазоне в ходе изменения положения тела при выполнении различных спортивных движений (24), и на то, что глубину положения корпуса и самого приседа, которые характерны для приседа со штангой на спине в нижней позиции не следует связывать с неизбежной травмой спины (18).

Травмы спины

Травмы спины могут очень сильно пошатнуть здоровье, требовать очень много времени на реабилитацию и полное восстановление. Отсюда следует сделать вывод о том, что атлет должен принять все меры предосторожности в целях избежания травм спины при тренинге с отягощениями. При этом, травмам в особенности подвержен поясничный отдел спины (низ спины). С помощью наблюдения было установлено, что от 85% до 90% всех межпозвоночных грыж возникает в дисках между двумя позвонками поясничного отдела (L4 и L5) или между последним поясничным и первым крестцовым позвонком (L5 и S1) (1, 3). Подобная картина не является неожиданностью, поскольку именно в этих областях возникают крайне высокие сжимающие силы, которые воздействуют на диски при выполнении движений. В ситуации, когда атлет держит снаряд в руках или кладет его на плечи, и, при этом, туловище атлета имеет наклон вперед, на межпозвоночные диски нижней части спины действует значительный крутящий момент, поскольку между спортивным снарядом (штангой) и поясничным отделом спины имеется значительное расстояние в проекции на горизонтальную ось. Мускулатура спины работает в условиях крайне низкого выигрыша в силе, поскольку длина перпендикуляра между линией действия мышцы, выпрямляющей позвоночник, и межпозвоночными дисками гораздо меньше (примерно 2 дюйма или

5 см), чем горизонтальное расстояние между осью штанги и межпозвоночными дисками. В результате этого, мускулатура вынуждена выдавать усилия, которые зачастую в 10 раз превышают вес поднимаемого снаряда (3). Действие данных сил выражается в том, что межпозвоночный диск(и) зажимается между двумя соседними позвонками, что может привести к травме.

Было доказано, что с точки зрения минимизации компрессионных нагрузок на область позвонков L5/S1 и снижения вероятности растяжения соответствующих связок в процессе поднятия веса, нейтральное положение спины, в целом, является более предпочтительным, чем скругленное (противоположность выгнутой спине) (2). Отсюда следует, что с точки зрения избежания травм позвонков, межпозвоночных дисков, дугоотростчатых суставов, связок и мускулатуры спины, положение, соответствующее нормальному поясничному лордозу, является преимущественным в сравнении со скругленной спиной. Более того, мышцы нижней части спины могут выдавать гораздо более высокий уровень усилия, когда спина прогнута, а не скруглена (7).

Позвоночный столб в своем естественном виде имеет S-образную форму, при этом, он имеет **кифоз** (те части позвоночника, которые выгнуты дорсально, т.е. назад, в районе грудного отдела) и **лордоз** (те части позвоночника, которые выгнуты вентрально, т.е. вперед, в районе поясничного отдела). Данные особенности формы позвоночного столба обуславливают наличие естественных изгибов спины.

Тем не менее, даже когда спина имеет S-образный профиль, нагрузка на межпозвоночные диски распределяется равномерно, в результате чего они имеют примерно одинаковую толщину по всей площади. Когда низ спины скруглен, **вентральные** (передние) грани позвонков зажимают переднюю часть диска, который располагается между этими позвонками. В противоположность этому, избыточный прогиб спины приводит к тому, что между позвонками зажимается **дорсальная** (задняя) часть диска. Подобное неравномерное сжатие межпозвоночных дисков, по всей вероятности, увеличивает риск перфорации диска (3). Таким образом, упражнения с отягощением следует выполнять таким образом, чтобы спина была умеренно прогнута в поясничном отделе в целях снижения риска повреждения дисков.

Внутрибрюшное давление и тяжелоатлетические ремни

Когда сокращается диафрагма, и глубокий слой мускулатуры туловища, в брюшной полости увеличивается давление. Учитывая тот факт, что брюшной отдел в основном заполнен жидкостью и в обычном состоянии практически не содержит газа, по существу, его можно считать несжимаемым (3). Жидкости и ткани брюшной полости, которые находятся под давлением, создаваемого за счет

напряжения окружающей мускулатуры (глубокого слоя мышц брюшного пресса и диафрагмы), можно охарактеризовать в качестве “сферы с жидкостью” (Рисунок 2.15), которая поддерживает позвоночный столб при тренировках отягощениями (3). Наличие подобной поддержки может в значительной степени снизить как величину усилия, которое должна вырабатывать мышца, выпрямляющая позвоночник для того, чтобы атлет смог выполнять упражнение, так и соответствующие компрессионные нагрузки на межпозвоночные диски (3, 30).

Важно знать, что использование метода Вальсальвы не является обязательным для создания (повышения) внутрибрюшного давления. При использовании **Метода Вальсальвы**, голосовая щель закрыта, что не позволяет воздуху выходить из легких, в то время как мышцы брюшного отдела и межреберные мышцы сокращаются, создавая сферу жидкости высокой плотности в области нижней части туловища, а также полость, заполненную воздухом, в верхней части туловища. Преимущество использования метода Вальсальвы заключается в том, что он дает возможность повысить структурную жесткость корпуса в целом, что упрощает работу под большой нагрузкой (15). К примеру, при выполнении приседа со штангой на спине в нижней позиции со значительным уровнем нагрузки, множество атлетов использует метод Вальсальвы, в особенности в момент, когда туловище имеет максимальный наклон вперед, при переходе от эксцентрической к концентрической фазе движения. Тем не менее, давление в грудной полости, которое связывают с применением метода Вальсальвы, может иметь неблагоприятный побочный эффект в виде сжимающего воздействия на сердце, что усложняет возврат крови в сердце. Кроме того, метод Вальсальвы может на короткое время незначительно повышать кровяное давление (15). Диафрагма и мускулатура брюшной полости могут сокращаться и при открытой голосовой щели, создавая сферу из жидкости без дополнительного повышения давления в грудном отделе. Данный способ следует считать более безопасным из двух описанных вариантов, поскольку он позволяет обеспечить дополнительную поддержку поясничного отдела позвоночника без нагнетания давления в грудном отделе, а, значит, данную технику следует использовать при выполнении большинства упражнений с отягощениями. Вы можете повысить внутрибрюшное давление, не нагнетая при этом давление в груди, намеренно сохраняя дыхательные пути открытыми. При выполнении тяжелого повторения, мускулатура брюшной полости и диафрагма сокращаются рефлекторно, даже если голосовая щель открыта. Атлеты, которые выбрали такие виды спорта как тяжелая атлетика и пауэрлифтинг, могут принять решение в пользу использования метода Вальсальвы при условии, что они полностью осознают связанные с этим риски, и в состоянии избежать чрезмерного повышения давления, которое может привести к временной потере сознания.

Было доказано, что использование тяжелоатлетического пояса позволяет повысить внутрибрюшное давление при выполнении упражнений с отягощениями, а, следовательно, такой пояс, вероятно, следует рассматривать в качестве эффективной меры, направленной на повышение безопасности, при условии, что она применяется правильно (17, 28). Следует предупредить читателя о том, что в случае выполнения абсолютно всех упражнений с использованием пояса, мускулатура, отвечающая за нагнетание внутрибрюшного давления будет стимулироваться относительно слабо и в ряде случаев может не достичь своего оптимального развития (17).

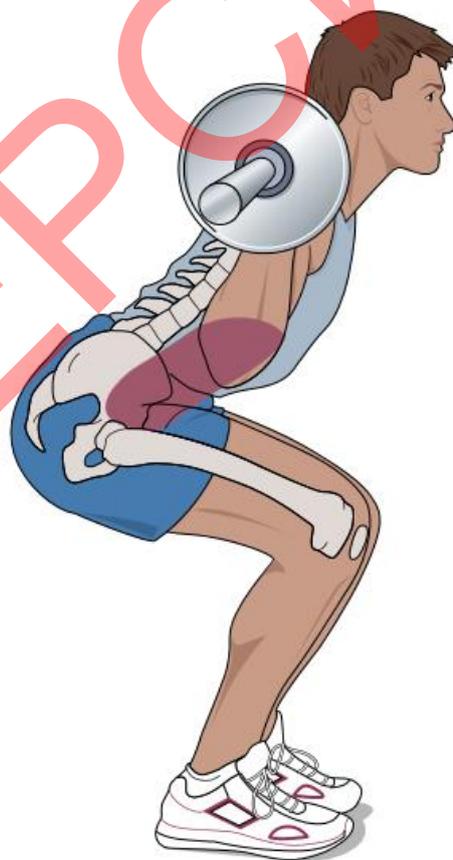


Рисунок 2.15 Сфера с жидкостью, которая получается в результате сокращения глубокого слоя мускулатуры брюшной полости и диафрагмы.

В частности, тем атлетам, кто привык постоянно пользоваться ремнем, крайне опасно внезапно делать упражнение без ремня, поскольку соответствующая мускулатура может быть не в состоянии выдать такой уровень внутрибрюшного давления, который был бы достаточен для значительного снижения нагрузки на мышцу, выпрямляющую позвоночник.

Возникающие в связи с этим избыточные компрессионные нагрузки на межпозвоночные диски могут увеличивать вероятность травмы спины. Консервативные рекомендации в части безопасности спины перечислены ниже:

- Использование тяжелоатлетического пояса не является обязательным при выполнении упражнений, в которых напрямую не задействуется мускулатура нижней части спины.
- В части упражнений, в рамках которых спина нагружается непосредственным образом, атлетам следует отказываться от использования ремней при выполнении разминочных подходов, и надевать ремень во время подходов с субмаксимальными и максимальными нагрузками. Выполнение части подходов без ремня позволяет глубоким слоям мускулатуры брюшного пресса, которые создают внутрибрюшное давление, получать тренировочное воздействие, стимулирующее адаптационные изменения, без излишних компрессионных нагрузок на межпозвоночные диски.
- Атлеты могут принять решение вообще не пользоваться тяжелоатлетическим поясом, если они хотят систематическим образом развивать мускулатуру спины, а также мышцы, которые создают внутрибрюшное давление, и при условии, что они используют безопасную технику выполнения движений с отягощениями. Множество тяжелоатлетов мирового уровня никогда не пользовались поясом.

Плечевые суставы

Плечевые суставы в особенности подвержены риску травмы во время тренинга с отягощениями, как в силу своей анатомии, так и по причине действия соответствующих сил в ходе тренировочного процесса. По аналогии с тазобедренным суставом, вращение в плечевом суставе может выполняться в любом направлении. Тем не менее, шаровидный тазобедренный сустав является гораздо более стабильным, в то время как суставная впадина лопатки, посредством которой лопатка сочленяется с головкой плечевой кости, не обладает всеми признаками истинного шаровидного сустава, вследствие чего плечевой сустав менее стабилен. Из всех суставов в организме человека, плечевой сустав обладает наибольшей амплитудой движений; однако, избыточная мобильность сустава также является одной из причин его уязвимости, поскольку в плечевом суставе кости, мышцы, сухожилия, связки и синовиальная сумка расположены очень близко друг к другу. Важную роль в том, что головка плечевой кости остается прижатой к ответной суставной поверхности лопатки, играют грудные мышцы, а также мускулатура вращательной манжеты плеча (которая представлена надостной, подостной, подлопаточной и малой круглой мышцами). В силу значительной вариативности

движений в плечевом суставе, определенные структуры могут входить в контакт или соударяться друг с другом, что может привести к развитию тендинита, а также воспалению и дегенерации контактирующих тканей. Высокий уровень усилий, которые создаются мускулатурой в процессе тренировки с отягощениями, может стать причиной разрывов связок и сухожилий, а также отрывов мышц. Атлетам следует проявлять особую осторожность при выполнении различных видов жима лежа и жима стоя, поскольку при выполнении указанных упражнений нагрузки на плечевой сустав очень высоки. Если в соответствии с программой тренировки вам предстоит выполнение жима лежа или жима стоя, особенно важно провести качественную разминку с относительно небольшим уровнем отягощений, кроме того, важно чтобы все головки дельтовидной мышцы в ходе тренировки прорабатывались сбалансированно с помощью всех основных движений в данном суставе.

Коленные суставы

Коленный сустав подвержен травмам в силу того, что он находится между двумя длинными рычагами (бедро и голень). Сгибание и разгибание в коленном суставе происходит почти исключительно в сагитальной плоскости. Вращение во фронтальной и горизонтальной плоскостях претерпевается в основном за счет наличия связочных и хрящевых структур, предназначенных для стабилизации сустава. Крутящий момент на колено во фронтальной плоскости возникает, например, когда футболист получает удар сбоку в область коленного сустава в момент, когда нога, по которой нанесен удар, является опорной. К счастью, в ходе тренировочного процесса, момент сопротивления, как правило, практически всегда возникает в нормальной плоскости вращения колена.

Из всех структур коленного сустава, надколенник и окружающие его ткани являются наиболее уязвимыми для действия различных сил, которые характерны для тренинга с отягощениями. Основная функция надколенника заключается в том, что он позволяет сухожилию квадрицепса располагаться на относительно удалении от оси вращения коленного сустава, что увеличивает плечо силы мышечной группы квадрицепса и ее выигрыш в силе (см. Рисунок 2.5). При некорректном уровне нагрузки, избыточном количестве повторений или недостаточном времени на восстановление, регулярные высокие нагрузки, которые испытывает сухожилие надколенника при тренинге с отягощениями (также, как и в рамках любой прочей высоконагруженной деятельности типа бега), могут вызвать тендинит, о чем свидетельствует болезненная чувствительность и отек в области колена. Следует понимать, что выполнение перечисленных упражнений не предполагает, что спортсмен подвергается неминуемому риску тендинита; вместо этого тендинит является показателем избыточного объема или чрезмерной интенсивности тренировки, которая не соответствует возможностям атлета.

Нет ничего необычного в том, что атлеты используют коленные бинты в ходе тренировочного процесса или на соревнованиях в целях максимизации спортивного результата или в качестве мер защиты от травм. В продаже имеются совершенно разные коленные бинты, начиная от всех вариантов тонких, эластичных бинтов без застежек, которые продаются в аптеках, и, заканчивая толстыми профессиональными коленными бинтами, которые имеются в продаже только в специализированных магазинах для пауэрлифтеров. Использование коленных бинтов, в особенности жесткого типа, является предпочтительным среди пауэрлифтеров. Однако, на данный момент было проведено очень мало исследований в направлении изучения эффективности коленных бинтов. Тем не менее, также сообщалось и о неблагоприятных последствиях использования бинтов, включая такие как повреждение кожных покровов и хондромалиция (размягчение или разрушение хрящевой ткани) надколенника, износ и огрубение задней поверхности надколенника (26). Только за счет действия эффекта пружины (действия сил упругой деформации), жесткие коленные бинты могут добавлять до 25 фунтов (110 Н) к величине усилия, направленного на подъем веса при выполнении приседа. Утверждение, которое заключается в том, что бинты работают только за счет стабилизации коленного сустава, тем самым, позволяя атлету преодолеть чувство страха, и обеспечивая мозг необходимой кинестетической информацией, является ошибочным (26). Бинты действительно напрямую способствуют выполнению разгибания в коленном суставе. Основываясь на недостаточности информации в части того, что бинты предотвращают получение травмы, атлетам следует минимизировать объем их использования. Если вы вообще собираетесь их использовать, то ограничьте объем применения бинтов только самыми тяжелыми подходами.

Локтевые и лучезапястные суставы

Основной причиной беспокойства в части потенциальных травм локтя и запястья является выполнение упражнений, в рамках которых атлет должен поднимать снаряд над головой (положение оверхэд) (8). Тем не менее, риск получения реальной травмы при выполнении подобного рода движений как правило крайне низок в сравнении с общераспространенными причинами травм указанных суставов, как правило, вызванных участием в различных видах спорта, которым присуще наличие бросков снаряда или выполнение подач по аналогии с большим теннисом (8).

Другим примером травм являются различные виды смещений и вывихов локтевого сустава, которые иногда наблюдаются в гимнастике (29), усталостные травмы, связанные с износом сустава по типу тракционного апофизита, который иногда встречается в таких видах спорта как прыжки в воду, борьба и хоккей (29).

Одним из наиболее сильных поводов для беспокойства выступает повреждение или износ эпифизарной зоны роста (пластинки) задней поверхности локтя либо дистального отдела лучевой кости у молодых атлетов (29). Уровень распространения травм локтя и запястья при занятиях тяжелой атлетикой является случайной величиной и в классической литературе встречается только в предметных исследованиях. В рамках одного исследования был зафиксирован разрыв сухожилия трицепса у выступающего тяжелоатлета среднего возраста (35), другое исследование позволило зафиксировать случай двухстороннего дистального обрыва сухожилия бицепса у атлета, который занимался тренингом с отягощениями в оздоровительных целях (38). Проведение исследования, в котором приняли участие 245 выступающих пауэрлифтеров, позволило прийти к выводу о том, что случай травмы локтя и запястья в данном виде спорта крайне редки (41). В поддержку утверждения о том, что тяжелоатлеты-подростки могут столкнуться с возможным переломом дистального эпифиза лучевой кости, предоставлен лишь крайне ограниченный объем данных (22). Согласно данным недавнего исследования, в котором приняло участие около 500 действующих экспертов по спортивной медицине, большинство респондентов отметило, что отказ от тренинга с отягощениями до момента замещения эпифизарной пластинки твердой костной тканью не следует рассматривать в качестве обязательной меры (32).

Заключение

Авторы главы надеются, что читатели используют знания из области биомеханики, полученные в рамках данной главы для того, чтобы правильно подобрать оборудование для тренинга с отягощениями, а также четко структурировать программу тренировок. Знание того, каким образом те или иные виды упражнений нагружают организм, может способствовать разработке безопасных и эффективных тренировочных программ, отвечающей как требованиям атлетов, выступающих в различных видах спорта, так и тех, кто занимается тренингом с отягощениями в целях улучшения физической формы, здоровья и повышения уверенности в своих силах.

Ключевые термины

агонист	лордоз	рычаг первого рода
анатомическая позиция	местные гидравлические потери	рычаг третьего рода
антагонист	место начала мышцы	сагиттальная плоскость
биомеханика	метод “вилки”	сила
вентральный	метод Вальсальвы	сила сопротивления
вес	мощность	синергист
вовлечение (рекрутирование)	мощность при вращательном движении	сопротивление жидкости
выигрыш в силе	мышечная сила	сухожилия
горизонтальная плоскость	перистая мышца	точка опоры
дистальный	плечо силы	точка прикрепления
дорсальный	позвоночный столб	трение
изометрическое мышечное действие	потери на трение по длине	угловая скорость
инерционная ила	проксимальный	угловое перемещение
кифоз	прямое прикрепление	угол перистости
классическая формула	работа	ускорение
кодирование скорости активации	работа при вращательном движении	фиброзные соединительные ткани
концентрическое мышечное действие	рычаг	фронтальная плоскость
крутящий момент	рычаг второго рода	хрящевое соединение
		эксцентрическое мышечное действие

Вопросы для закрепления материала

1. Какое из представленных ниже выражений является определением мощности?
 - a. (масса) * (ускорение)
 - b. (сила) * (расстояние)
 - c. (сила) * (скорость)
 - d. (крутящий момент) * (время)
2. Для сравнения возможностей спортсменов-тяжелоатлетов, выступающих в различных весовых категориях, используется классическая формула, в которой величина поднимаемой атлетом нагрузки делится на:
 - a. вес тела атлета
 - b. вес тела атлета в квадрате
 - c. массу нежировых тканей атлета
 - d. вес тела атлета в степени две третьих
3. При тренинге со свободными весами, усилие, выдаваемое мышцей, изменяется в зависимости от?
 - I. расстояния от снаряда до оси вращения в суставе, отложенного на горизонтальной оси
 - II. амплитуды движения в суставе
 - III. величины ускорения
 - IV. квадрата скорости движения
 - a. только I и III
 - b. только II и IV
 - c. I, II, и III
 - d. II, III, и IV
4. В какой из плоскостей в основном происходит движение в тазобедренном, а также коленных и плечевых суставах при выполнении вертикального прыжка?
 - a. сагиттальная
 - b. перпендикулярная
 - c. фронтальная
 - d. горизонтальная
5. Атлет выполняет упражнение, в ходе которого происходит концентрическое изокинетическое сгибание и разгибание в локтевом суставе. Какой из перечисленных родов рычагов характерен для подобной деятельности?
 - I. первого рода
 - II. второго рода
 - III. третьего рода

- a. только I
- b. только II
- c. только I и III
- d. только II и III

ДЕМО ВЕРСИЯ

Список использованной литературы

Глава 2 Биомеханика упражнений с отягощениями

1. Almond, LM, Hamid, NA, and Wasserberg, J. Thoracic intradural disc herniation. *Br J Neurosurg* 21:32-34, 2007.
2. Anderson, CK, and Chaffin, DB. A biomechanical evaluation of five lifting techniques. *Appl Ergon* 17:2-8, 1986.
3. Bartelink, DL. The role of abdominal pressure in relieving the pressure on the lumbar intervertebral discs. *J Bone Joint Surg Br* 39-B:718-725, 1957.
4. Chou, LW, Kesar, TM, and Binder-Macleod, SA. Using customized rate-coding and recruitment strategies to maintain forces during repetitive activation of human muscles. *Phys Ther* 88:363-375, 2008
5. Cleather, DJ. Adjusting powerlifting performances for differences in body mass. *J Strength Cond Res* 20:412-421, 2006.
6. Cormie, P, McCaulley, GO, Triplett, NT, and McBride, JM. Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Med Sci Sports Exerc* 39:340-349, 2007.
7. Dolan, P, and Adams, MA. Recent advances in lumbar spinal mechanics and their significance for modelling. *Clin Biomech* 16 Suppl 1:S8-S16, 2001.
8. Ellenbecker, TS, Reinold, M, and Nelson, CO. Clinical concepts for treatment of the elbow in the adolescent overhead athlete. *Clin Sports Med* 29:705-724, 2010.
9. Folland, J, and Morris, B. Variable-cam resistance training machines: Do they match the angle-torque relationship in humans? *J Sports Sci* 26:163-169, 2008.
10. Frey-Law, LA, Laake, A, Avin, KG, Heitsman, J, Marler, T, and Abdel-Malek, K. Knee and elbow 3D strength surfaces: Peak torque-angle-velocity relationships. *J Appl Biomech* 28:726-737, 2012.
11. Funato, K, Kanehisa, H, and Fukunaga, T. Differences in muscle cross-sectional area and strength between elite senior and college Olympic weight lifters. *J Sports Med Phys Fitness* 40:312-318, 2000.
12. Gowitzke, BA, and Milner, M. *Scientific Bases of Human Movement*. Baltimore: Williams & Wilkins, 1988.
13. Gray, M, Di Brezzo, R, and Fort, IL. The effects of power and strength training on bone mineral density in premenopausal women. *J Sports Med Phys Fitness* 53:428-436, 2013.
14. Greenland, KO, Merryweather, AS, and Bloswick, DS. Prediction of peak back compressive forces as a function of lifting speed and compressive forces at lift origin and destination—a pilot study. *Saf Health Work* 2:236-242, 2011.
15. Hackett, DA, and Chow, CM. The Valsalva maneuver: Its effect on intra-abdominal pressure and safety issues during resistance exercise. *J Strength Cond Res* 27:2338-2345, 2013.
16. Harman, EA, Johnson, M, and Frykman, PN. A movement-oriented approach to exercise prescription. *NSCA J* 14:47-54, 1992.
17. Harman, EA, Rosenstein, RM, Frykman, PN, and Nigro, GA. Effects of a belt on intra-abdominal pressure during weight lifting. *Med Sci Sports Exerc* 21:186-190, 1989.
18. Hartmann, H, Wirth, K, and Klusemann, M. Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Med* 43:993-1008, 2013.
19. Hill, TL, and White, GM. On the sliding-filament model of muscular contraction, IV. Calculation of force-velocity curves. *Proc Natl Acad Sci U S A* 61:889-896, 1968.
20. Ichinose, Y, Kanehisa, H, Ito, M, Kawakami, Y, and Fukunaga, T. Relationship between muscle fiber pennation and force generation capability in Olympic athletes. *Int J Sports Med* 19:541-546, 1998.
21. Ikegawa, S, Funato, K, Tsunoda, N, Kanehisa, H, Fukunaga, T, and Kawakami, Y. Muscle force per cross-sectional area is inversely related with pennation angle in strength trained athletes. *J Strength Cond Res* 22:128-131, 2008.
22. Jenkins, NH, and Mintowt-Czyz, WJ. Bilateral fracture-separations of the distal radial epiphyses during weight-lifting. *Br J Sports Med* 20:72-73, 1986.

23. Jorgensen, K. Force-velocity relationship in human elbow flexors and extensors. In *Biomechanics A-V*. PV Komi, ed. Baltimore: University Park Press, 1976.
24. Kahrizi, S, Parnianpour, M, Firoozabadi, SM, Kasemnejad, A, and Karimi, E. Evaluation of spinal internal loads and lumbar curvature under holding static load at different trunk and knee positions. *Pak J Biol Sci* 10:1036-1043, 2007.
25. Kanehisa, H, and Fukunaga, T. Velocity associated characteristics of force production in college weight lifters. *Br J Sports Med* 33:113-116, 1999.
26. Lake, JP, Carden, PJ, and Shorter, KA. Wearing knee wraps affects mechanical output and performance characteristics of back squat exercise. *J Strength Cond Res* 26:2844-2849, 2012.
27. Lander, JE, Bates, BT, Sawhill, JA, and Hamill, J. A comparison between free-weight and isokinetic bench pressing. *Med Sci Sports Exerc* 17:344-353, 1985.
28. Lander, JE, Simonton, RL, and Giacobbe, JK. The effectiveness of weight-belts during the squat exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22:117-126, 1990.
29. Maffulli, N, and Bruns, W. Injuries in young athletes. *Eur J Pediatr* 159:59-63, 2000.
30. Mandell, PJ, Weitz, E, Bernstein, JI, Lipton, MH, Morris, J, Bradshaw, D, Bodkin, KP, and Mattmiller, B. Isokinetic trunk strength and lifting strength measures. Differences and similarities between low-back-injured and noninjured workers. *Spine* 18:2491-2501, 1993.
31. Maughan, RJ, Watson, JS, and Weir, J. Muscle strength and cross-sectional area in man: A comparison of strength-trained and untrained subjects. *Br J Sports Med* 18:149-157, 1984.
32. Milone, MT, Bernstein, J, Freedman, KB, and Tjoumakaris, F. There is no need to avoid resistance training (weight lifting) until physal closure. *Phys Sportsmed* 41:101-105, 2013.
33. Moritani, T, and deVries, HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med* 58:115-130, 1979.
34. Perrine, JJ, and Edgerton, VR. Muscle force-velocity and power-velocity relationships under isokinetic loading. *Med Sci Sports* 10:159-166, 1978.
35. Pierson, EH, Bantum, BM, and Schaefer, MP. Exertional rhabdo-myolysis of the elbow flexor muscles from weight lifting. *Phys Med Rehabil* 6:556-559, 2014.
36. Raske, A, and Norlin, R. Injury incidence and prevalence among elite weight and power lifters. *Am J Sports Med* 30:248-256, 2002.
37. Reynolds, KL, Harman, EA, Worsham, RE, Sykes, MB, Frykman, PN, and Backus, VL. Injuries in women associated with a periodized strength training and running program. *J Strength Cond Res* 15:136-143, 2001.
38. Rokito, AS, and Lofin, I. Simultaneous bilateral distal biceps tendon rupture during a preacher curl exercise: A case report. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 66:68-71, 2008.
39. Rutherford, OM, and Jones, DA. Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 65:433-437, 1992.
40. Scott, SH, and Winter, DA. A comparison of three muscle pennation assumptions and their effect on isometric and isotonic force. *J Biomech* 24:163-167, 1991.
41. Siewe, J, Rudat, J, Rollinghoff, M, Schlegel, UJ, Eysel, P, and Michael, JW. Injuries and overuse syndromes in powerlifting. *Int J Sports Med* 32:703-711, 2011.
42. Stone, MH, Sanborn, K, O'Bryant, HS, Hartman, M, Stone, ME, Proulx, C, Ward, B, and Hruby, J. Maximum strength-power-performance relationships in collegiate throwers. *J Strength Cond Res* 17:739-745, 2003.
43. Toji, H, and Kaneko, M. Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *J Strength Cond Res* 18:792-795, 2004.
44. Zemper, ED. Four-year study of weight room injuries in a national sample of college football teams. *NSCA J* 12:32-34, 1990.



ГЛАВА

Адаптационные изменения в ответ на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости

Авторы главы Энн Свэнк, Доктор Наук и Карвин Шарп, Доктор Наук

После прочтения этой главы вы сможете:

- Определить и дать описание характерных реакций со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем в ответ на аэробный тренинг;
- Определить и дать описание влияния систематического тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости, на характер функционирования и регуляции сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и эндокринной систем, а также мышечных, костных и соединительных тканей с точки зрения физиологии;
- Установить различные типы взаимосвязей между тренингом, направленным на развитие аэробной выносливости, и характером изменения физиологических реакций всех систем организма;
- Определить и дать описание внешних факторов, которые оказывают влияние на адаптационные изменения, наблюдаемые в организме в ответ на кратковременный и систематический тренинг аэробной направленности, включая такие факторы как высота над уровнем моря, пол атлета, кровяной допинг и перетренированность; и
- Выявить причины, признаки, симптомы и последствия перетренированности.

Понимание различных видов реакций, которые наблюдаются в организме в ответ на кратковременный и систематический аэробный тренинг является критически важным с точки зрения профессионала по силовой и кондиционной подготовке, если он стремится строить тренировочный процесс наиболее эффективным образом. В данной главе дается описание характерных вариантов реакций, протекающих в сердечно-сосудистой и дыхательной системах в ответ на аэробный тренинг, а также параметров, которые используются для количественной оценки указанных выше реакций на уровне физиологии. В данной главе также дается описание системных адаптационных изменений, возникающих в результате длительного тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости. В заключительном разделе этой главы приводится описание таких внешних факторов, как высота над уровнем моря, детренированность и кровяной допинг, которые оказывают влияние на характер реакции, наблюдаемой в организме в ответ на аэробный тренинг, а также дается характеристика разрушительных последствий перетренированности.

Выраженные реакции организма на аэробный тренинг

Даже одна тренировка аэробной направленности вызывает в организме значительные затраты на уровне обменных реакций (см. Таблицу 5.1 в Главе 5), в особенности на уровне сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а также мышечного аппарата. Регулярное действие значительных нагрузок, связанных с физической деятельностью в рамках тренинга указанного характера, приводит к возникновению изменений в функциональном состоянии и реакциях всех систем организма. Наличие базовых знаний в части характера выраженных реакций, протекающих в организме атлета в ответ на аэробный тренинг, является фундаментом понимания системных адаптационных изменений, которые рассматриваются в данном разделе.

Реакция со стороны сердечно-сосудистой системы

Основная функция сердечно-сосудистой системы в ходе занятий аэробным тренингом заключается в доставке кислорода и питательных веществ к работающей мускулатуре, а также в удалении метаболитов (промежуточных продуктов обмена) и выделений. В данном разделе дается описание механизмов работы сердечно-сосудистой системы, посредством работы которых протекают указанные реакции.

Объемная скорость кровотока сердца

Объемная скорость кровотока – это количество крови, которое прокачивается через сердце в литрах за одну минуту; оно определяется объемом крови, перемещаемым за одно сокращение сердца (что

называют **ударным [систолическим] объемом сердца**) и частотой ударов сердца (**частота сердечных сокращений - ЧСС**):

$$Q = \text{Ударный объем сердца} \times \text{ЧСС} \quad (6.1)$$

где Q – это объемная скорость кровотока сердца. Ударный объем сердца измеряется в миллилитрах крови, прокачиваемой за одно сокращение, а ЧСС в количестве ударов (сокращений) за одну минуту (46).

При переходе от состояния покоя к устойчивому состоянию аэробной деятельности, объемная скорость кровотока сначала резко возрастает, однако затем характер роста становится более плавным, после чего через некоторое время показатель роста достигает плато. Объемная скорость кровотока в случае работы на пиковой интенсивности может быть в 4 раза выше аналогичного показателя в состоянии покоя, что характеризуется величинами в 20-22 л/мин и 5 л/мин соответственно (4). Величина ударного объема сердца (см. следующий абзац) переходит к росту после того, как атлет начинает заниматься деятельностью, она продолжает нарастать до тех пор, пока количество потребляемого кислорода не достигает уровня в 40% - 50% от максимального потребления кислорода (4). В этот момент, ударный объем сердца достигает состояния плато. Величина максимального ударного объема сердца мужчин студенческого возраста, ведущих сидячий образ жизни, укладывается в границы диапазона 100 - 120 мл крови за одно сокращение; для женщин аналогичного возраста максимальный ударный объем сердца будет примерно на 25% ниже в силу того, что тело женщины, как правило, меньше по размерам, а, значит, у них меньше и объем сердечной мышцы (99). Влияние тренировочного процесса на характер реакции организма является достаточно хорошо выраженным, и мы можем наблюдать увеличение максимального ударного объема у мужчин студенческого возраста до 150 - 160 мл за одно сокращение, и до 100 - 110 мл у женщин студенческого возраста (99).

Ударный объем сердца

За регуляцию ударного объема сердца отвечают два физиологических механизма. Первый является результатом **конечно-диастолического объема крови**, т.е. количества крови, находящегося в левом желудочке в конце фазы расширения полостей сердца (диастолы). Работа второго механизма является следствием действия катехоламинов – гормонов адреналина и норадреналина (в западной литературе эти гормоны зачастую называют эpineфрином и норэpineфрином соответственно), которые синтезируются в симпатической нервной системе и вызывают более мощное сокращение желудочков и увеличение объема крови, проходящей через сердце в ходе систолы.

Во время занятий деятельностью аэробного характера, увеличивается объем венозной крови, притекающей к сердцу по верхней и нижней полым венам (его также называют **венозный возврат**), в

Каким образом атлет может определить максимальную частоту сердечных сокращений

Простой способ оценки максимальной частоты сердечных сокращений заключается в том, чтобы вычесть из числа 220 свой возраст (число полных лет); к примеру, расчетная величина максимальной частоты сердечных сокращений для человека возрастом 47 лет равняется:

$$220 - 47 \text{ (возраст, полных лет)} = 173 \text{ удара/мин.}$$

Вероятная погрешность, или величина стандартного отклонения, для данного прогнозного расчета равняется $\pm 10 - 12$ ударов/мин; таким образом, фактическая величина максимальной частоты сердечных сокращений для рассматриваемого человека должна укладываться в диапазон 161 - 185 ударов/мин. См. Главу 20 для получения более подробной информации в части расчетов ЧСС для физической деятельности. Результаты проведенного недавно мета-анализа свидетельствуют о том, что представленное ниже уравнение

$$208 - 0.7 \times \text{возраст (полных лет)},$$

применяемое к здоровым людям, позволяет более точно спрогнозировать максимальную величину ЧСС (123).

силу действия веноконстрикции (спазма ёмкостных сосудов вен, вызванного ростом активности симпатической нервной системы) (6), “пампинга” скелетной мускулатуры (мышечных сокращений, совмещенных с односторонним характером работы венозных клапанов, что позволяет нагнетать больше крови к сердцу в ходе тренировки [44]), а также увеличения притока воздуха к легким (за счет повышения частоты и объема вдоха) (93). Действие перечисленных выше механизмов приводит к изменению давления в камерах сердца и верхней полый вене, что вызывает рост величины венозного возврата (93), вследствие чего в значительной степени возрастает конечно-диастолический объем. В результате увеличения объема крови, волокна миокарда в описанном выше состоянии растягиваются и становятся длиннее, чем в состоянии покоя, что приводит к более мощному сокращению (аналогично тому, как более сильное растяжение эластичной резиновой ленты вызывает более резкий возврат в исходное состояние за счет действия силы упругой деформации) и увеличению силы систолического выброса и объема крови, проходящей через сердце в артериальную систему (46). Данный принцип, который назван **Механизмом Франка-Старлинга**, имеет связь с концепцией, согласно которой мощность сокращения зависит от длины волокон стенки сердца. Подобное увеличение объема прокачиваемой крови характеризуется ростом **фракции выброса левого желудочка**, т.е. фракции конечно-диастолического объема крови, прокачиваемого через сердце (32, 46). В момент начала тренировки, или даже тогда, когда атлет еще только собирается начать физическую деятельность, сократительная способность миокарда увеличивается за счет стимуляции симпатической нервной системы, вследствие чего растет сократительная способность миокарда, а, следовательно, и ударный объем сердца (32, 91).

Частота сердечных сокращений

Непосредственно перед началом тренировки, действие соответствующего рефлекса или, другими словами, упреждающей стимуляции симпатической нервной системы приводит к увеличению частоты

сердечных сокращений. При увеличении интенсивности аэробной деятельности частота сердечных сокращений нарастает по линейному закону (32). Скорость нарастания частоты сердечных сокращений демонстрирует фактическую реакцию со стороны ЧСС, а максимальный уровень ЧСС, который может быть достигнут, обусловлен величиной рабочей нагрузки и индивидуальными особенностями организма человека, включая такие как уровень подготовки и возраст.

Потребление кислорода

Потребление кислорода – это количество кислорода, которое человек (соответствующие ткани организма) способен потреблять за единицу времени. Количество кислорода, которое требуется работающей мускулатуре в ходе полноценной деятельности аэробного характера, напрямую связано с массой задействованной мускулатуры, эффективностью протекания обменных процессов, и интенсивностью деятельности. Аэробный тренинг, в ходе которого задействуется большой объем мускулатуры, или в ходе которого выполняется значительный объем работы, как правило, требует более значительного потребления кислорода. Более высокая эффективность протекания обменных процессов позволяет наращивать количество потребляемого кислорода, в особенности при занятиях деятельностью максимальной интенсивности.

Максимальное потребление кислорода (МПК) – это наибольшее количество кислорода, которое организм человека способен потреблять на клеточном уровне за единицу времени. Было доказано, что максимальное потребление кислорода имеет достаточно прочную корреляционную связь с уровнем физической подготовки, кроме того, МПК является наиболее широко признанным методом оценки состояния кардио-респираторной системы (32). Способность потреблять кислород напрямую связана с возможностями сердца и системы кровообращения в части транспорта кислорода, а также возможностями тканей по его утилизации. Величина потребления кислорода для среднестатистического человека в состоянии покоя

согласно оценочным данным равняется 3.5 мл кислорода на 1 кг массы тела в минуту ($\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$); данная величина равняется одному [1] **метаболическому эквиваленту (МЕТ)**. Величина максимального потребления кислорода для нормальных, здоровых людей, как правило, укладывается в диапазон от 25 до 80 $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$, или от 7.1 до 22.9 МЕТов, и зависит от различных физиологических параметров, включая возраст и уровень физической подготовки (46).

Объем потребления кислорода (VO_2) можно рассчитать с помощью **уравнения Фика**, с помощью которого выражается взаимосвязь между объемной скоростью кровотока сердца, величиной потребления кислорода и артериовенозной разницей по кислороду:

$$\text{VO}_2 = Q \times a-v \text{ O}_2 \text{ Разница} \quad (6.2)$$

где Q – это объемная скорость кровотока (сердечный выброс) в миллилитрах в минуту, а $a-v \text{ O}_2$ разница – это **артериовенозная разница по кислороду** (разница по содержанию кислорода в артериальной и венозной крови) в миллилитрах кислорода на 100 мл крови. Используя уравнение 6.1, мы можем рассчитать потребление кислорода способом, который продемонстрирован ниже:

$$\text{VO}_2 = \text{Частота сердечных сокращений} \times \text{объемная скорость кровотока} \times a-v \text{ O}_2 \text{ разница}$$

$$\text{VO}_2 = 72 \text{ ударов/мин} \times 65 \text{ мл крови/удар} \times 6 \text{ мл O}_2/100 \text{ мл крови} = 281 \text{ мл O}_2/\text{мин}$$

Для того, чтобы выразить объем потребления кислорода в наиболее часто используемых единицах (т.е., $\text{мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), необходимо разделить полученную величину на вес человека в килограммах. Ниже представлен пример для атлета весом 80 кг (176 фунтов):

$$\text{VO}_2 = 281 \text{ мл O}_2/\text{мин} \div 80 \text{ кг} \\ \text{VO}_2 = 3.5 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$$

Кровяное давление

Систолическое кровяное давление – это давление на стенки артерий в момент, когда сердце сжимается и выталкивает кровь в артерии посредством сокращения желудочков (систола). В сочетании с частотой сердечных сокращений, величину систолического кровяного давления можно использовать в целях определения объема потребления кислорода миокардом (характера работы) сердца. Указанная количественная оценка работы сердца производится посредством решения уравнения, которое представлено ниже, данное уравнение называют **произведением ЧСС на давление** или **двойным произведением**:

$$\text{Двойное произведение} = \text{ЧСС} \times \text{Систолическое кровяное давление} \quad (6.3)$$

Диастолическое кровяное давление показывает давление на артериальные стенки в момент расслабления сердечной мышцы (**диастолы**). Величина диастолического кровяного давления – это минимальное давление в артериях, оно отражает сопротивление периферических сосудов, и может снижаться в результате аэробного тренинга вследствие механизма вазодилатации. В большом круге кровообращения наиболее высокий уровень давления в аорте и артериях, затем давление быстро падает в малом круге кровообращения, по которому течет венозная кровь. Кроме того, поскольку прокачка сердцем крови по кровеносной системе носит ритмичный, пульсационный характер, артериальное давление в состоянии покоя колеблется между уровнем систолы в 120 мм рт.ст. и уровнем диастолы в 80 мм рт.ст. (использованы приближенные значения). По мере течения крови через большой круг кровообращения, давление в нем постепенно падает практически до 0 мм рт.ст. (венозное давление) в том месте, где кровь достигает места перехода полой вены в правый желудочек (46).

Среднее артериальное давление представляет собой усредненное по определенному закону артериальное давление у человека в течение одного сердечного цикла (см. уравнение 6.4 ниже). Среднее артериальное давление – это не средняя арифметическая величина от систолического и диастолического давлений, поскольку артериальное давление, как правило, остается ближе к уровню диастолического, а не систолического давления на протяжении преобладающей части сердечного цикла. Таким образом, среднее артериальное давление, обычно, несколько ниже величины среднего арифметического от систолического и диастолического давлений.

$$\text{Среднее артериальное кровяное давление} = \\ [(\text{Систолическое кровяное давление} - \\ \text{Диастолическое кровяное давление}) \div 3] + \\ \text{Диастолическое кровяное давление} \quad (6.4)$$

Нормальная величина кровяного давления человека в состоянии покоя должна укладываться в диапазон от 110 до 139 мм рт.ст. систолического давления и от 60 до 89 мм рт.ст. диастолического. В ходе аэробного тренинга максимальной интенсивности, систолическое давление, как правило, может повышаться до уровня в 220 - 260 мм рт.ст., в то время как диастолическое давление остается на уровне покоя или несколько снижается (46, 91).

Регуляция местного кровотока

Сопротивление кровотоку также повышается по мере роста вязкости крови и длины кровеносных сосудов. Тем не менее, в большинстве случаев указанные величины остаются относительно постоянными. Таким образом, вазоконстрикция и вазодилатация кровеносных сосудов являются основными механизмами регуляции местного кровотока.

В ходе аэробного тренинга, приток крови к работающим мышцам в значительной степени усиливается за счет расслабления (релаксации) гладкой мускулатуры в стенках местных кровеносных сосудов – артериол; при этом, приток крови к системам прочих органов снижается посредством сжатия артериол. В состоянии покоя, 15% - 20% объема сердечного выброса распределяется на скелетную мускулатуру, а в ходе силовых упражнений данная величина может повышаться до отметки в 90% от объема сердечного выброса (32, 91).

Целенаправленный аэробный тренинг приводит к увеличению объемной скорости кровотока, ударного объема сердца, частоты сердечных сокращений, потребления кислорода, систолического кровяного давления, и объема притока крови к работающей мускулатуре, а также снижению диастолического кровяного давления.

Реакция со стороны дыхательной системы

В сравнении с прочими типами тренинга, к примеру, анаэробным тренингом с отягощениями, аэробный тренинг оказывает наиболее выраженное влияние на потребление кислорода и выработку углекислого газа (CO₂). В ходе аэробного тренинга необходимый уровень концентрации альвеолярного воздуха поддерживается за счет значительного роста объема доставки кислорода к тканям и выведения углекислого газа через легкие, а также **минутного объема дыхания** (количества воздуха, вдыхаемого за одну минуту) (91).

Во время занятий аэробным тренингом рост минутного объема дыхания является результатом увеличения глубины дыхания, частоты дыхательных движений, или и того, и другого. В ходе интенсивной физической работы, частота дыхательных движений здоровых молодых людей, как правило, повышается с 12 - 15 вдохов в минуту в состоянии покоя до 35 - 45 вдохов в минуту; при этом, **дыхательный объем** (ДО), т.е. количество кислорода, вдыхаемого и выдыхаемого за один дыхательный такт, увеличивается от уровня покоя (который равняется 0.4 - 1 л) до 3 л или даже значительнее. Следовательно, минутный объем дыхания может увеличиваться в 15 - 25 раз относительно объема, соответствующего состоянию покоя, или, в количественном выражении, до 90 - 150 л воздуха в минуту (32, 46, 91).

В ходе аэробной физической деятельности с низкой или умеренной интенсивностью, наблюдаемое увеличение минутного объема дыхания напрямую связывают как ростом потребления кислорода, так и ростом выработки углекислого газа. В данном случае, увеличение минутного объема дыхания, прежде всего, является

следствием роста дыхательного объема. Отношение величины минутного объема дыхания к объему потребления кислорода называют **дыхательным эквивалентом**, величина дыхательного эквивалента варьируется в пределах от 20 до 25 л воздуха на литр потребляемого кислорода. При росте интенсивности деятельности (в общем случае, выше уровня в 45% - 65% от максимального потребления кислорода для нетренированных людей и в 70% - 90% для тренированных атлетов), все более важную роль приобретает частота дыхательных движений. При указанной интенсивности, минутный объем дыхания нарастает непропорционально в силу **увеличения** объема потребления кислорода, при этом величина минутного объема дыхания начинает коррелироваться с резким ростом концентрации лактата в кровяном русле. На этом этапе, при занятиях высокоинтенсивной деятельностью дыхательный объем может увеличиваться до уровня 35 - 40 л воздуха на литр потребляемого кислорода (32, 91).

В процессе дыхания, воздух попадает в **альвеолы**, которые являются функциональными единицами легочного (дыхательного) круга кровообращения, в альвеолах происходит газообмен. Необходимо отметить, что в процессе дыхания воздух также находится в дыхательных путях, а именно: в носу, во рту, трахее, бронхах и бронхиолах. Данные области не рассматриваются в качестве функциональных с точки зрения газообмена, вследствие чего их называют **анатомическим мертвым пространством**. Как правило, объем воздуха в мертвом пространстве равняется порядка 150 мл для молодых людей, и он увеличивается с возрастом. В силу того, что дыхательные пути растягиваются при глубоком дыхании, анатомическое мертвое пространство увеличивается с ростом дыхательного объема (см. Рисунок 6.1). Тем не менее, рост дыхательного объема при глубоком дыхании в разы больше любого увеличения анатомического мертвого пространства. Таким образом, рост дыхательного объема (при глубоком дыхании) позволяет осуществлять более эффективную легочную вентиляцию в сравнении с простым увеличением частоты дыхательных движений (46, 91).

Под **физиологическим мертвым пространством** понимают объем плохо перфузированных или не полностью заполненных альвеол, или прочие проблемы, связанные с поверхностью альвеол, которые приводят к некачественному газообмену. Объем физиологического мертвого пространства в легких здоровых людей, как правило, не принимается в расчет, поскольку все или практически все альвеолы является функциональными. Некоторые типы заболеваний типа хронической обструктивной болезни легких или пневмонии могут в значительной степени ухудшать функциональное состояние альвеол, тем самым, увеличивая физиологическое мертвое пространство в 10 раз относительно объема анатомического мертвого пространства (46, 91).

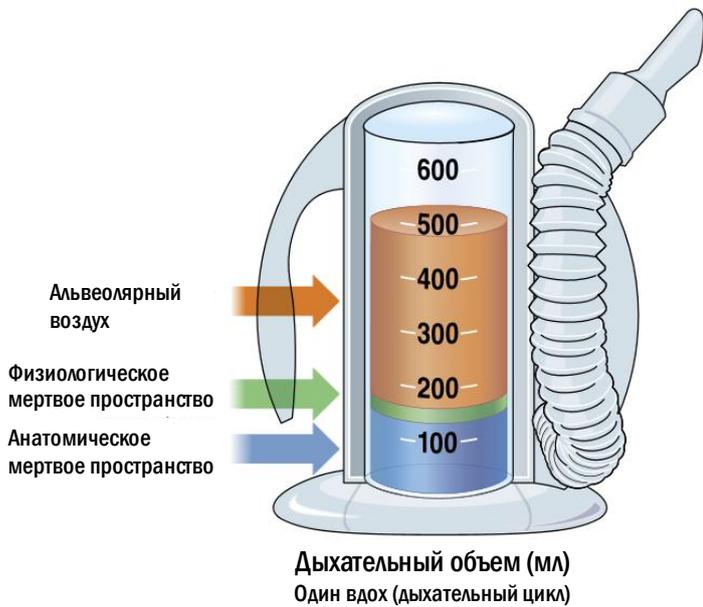


Рисунок 6.2 Характер распределения дыхательного объема в организме здорового атлета в состоянии покоя. В дыхательный объем входит около 350 мл воздуха помещения, который смешан с альвеолярным воздухом, порядка 150 мл воздуха в крупных дыхательных путях (анатомическое мертвое пространство), и небольшая часть воздуха, находящегося в плохо перфузированных или не полностью заполненных альвеолах (физиологическое мертвое пространство).

В ходе аэробного тренинга, значительные объемы кислорода посредством процесса диффузии попадают из альвеол в капилляры, а оттуда в ткани; при этом, повышенные количества углекислого газа перемещаются из крови в капиллярах в воздух в альвеолах; минутный объем дыхания увеличивается для того, чтобы в организме поддерживались требуемые концентрации указанных газов

Газы и физиология дыхания

С точки зрения физиологии под **диффузией** понимают перемещение кислорода и углекислого газа через клеточные мембраны, причем, подобный процесс является следствием действия концентраций каждого из газов и соответствующего парциального давления, создаваемого движением молекул каждого газа. Диффузия является следствием переноса молекул газа в силу перепада между высокой и низкой концентрацией. Применительно к тканям организма, в которых кислород используется для протекания обменных реакций и вырабатывается углекислый газ, парциальные давления указанных газов в некоторых случаях в значительной степени отличаются от давлений данных газов в артериальной крови (см. Рисунок 6.2). В состоянии покоя, парциальное давление кислорода в межклеточной жидкости

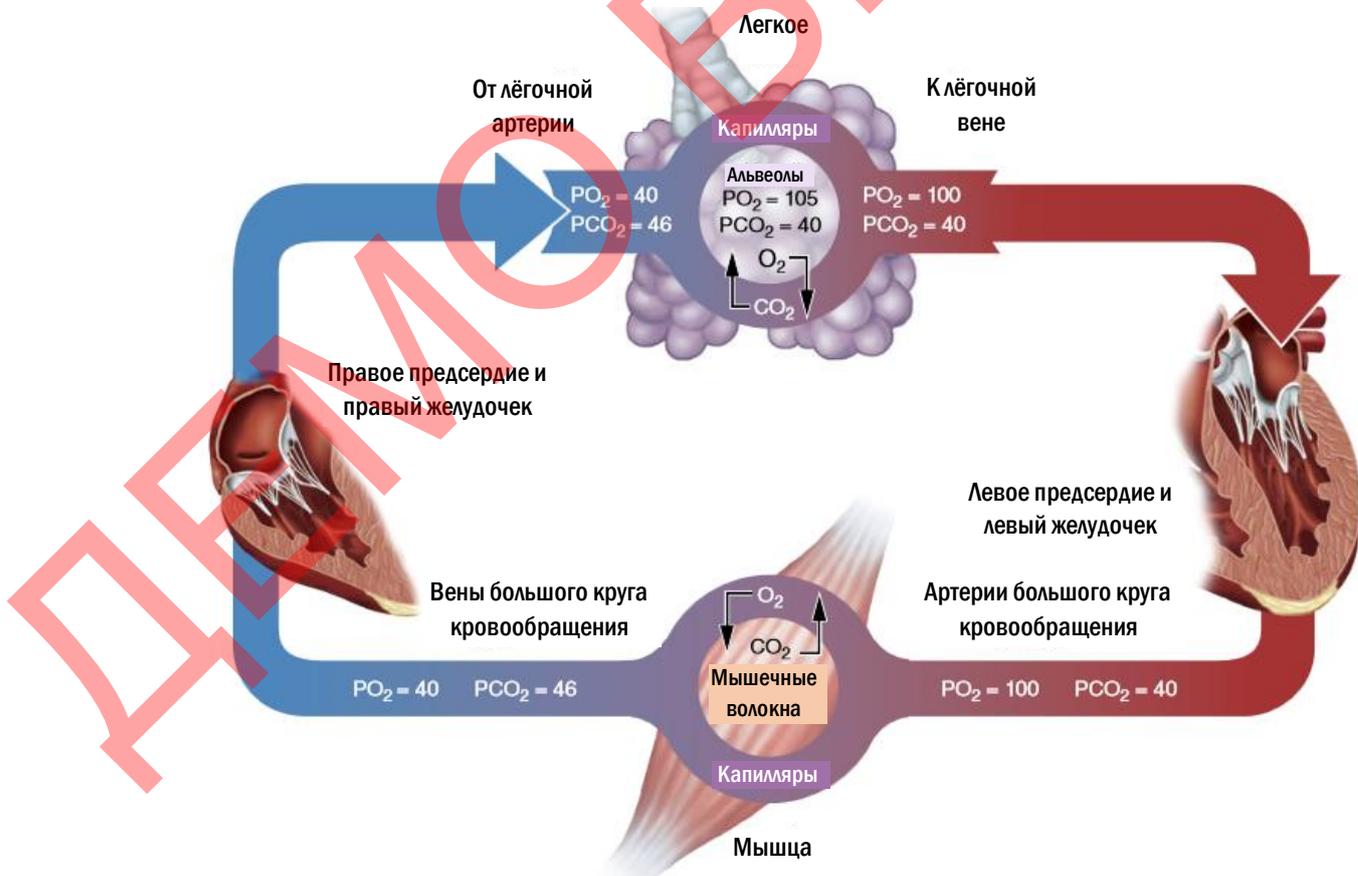


Рисунок 6.2 Величины перепада давлений, которые обуславливают газообмен в организме (для состояния покоя). На рисунке представлены величины давлений кислорода (PO_2) и углекислого газа (PCO_2) в альвеолярном воздухе, венозной и артериальной крови, а также мышечных тканях

(жидкость, которая находится в межклеточном пространстве снаружи мышечных клеток) резко падает с 100 мм рт.ст. артериальной крови до 40 мм рт.ст. в венозной крови, в то время как парциальное давление углекислого газа в венозной крови повышается на 6 мм рт.ст. относительно уровня давления данного газа в артериальной крови. В ходе высокоинтенсивной деятельности аэробного характера, парциальные давления указанных газов составляют примерно 3 мм рт.ст. для кислорода и 90 мм рт.ст. для углекислого газа. Вследствие наличия указанных перепадов давления происходит газообмен через клеточные оболочки (мембраны). Кроме того, в ходе физической деятельности в значительной степени возрастает диффузионная способность легких по переносу кислорода, и, в особенности, углекислого газа из альвеолярного пространства в кровь, что также способствует газообмену (32, 46, 91).

Транспорт газов и промежуточных продуктов метаболизма через кровь

Транспорт кислорода в кровяном русле осуществляется либо с помощью гемоглобина, который способен связывать кислород, либо посредством того, что кислород физически растворяется в плазме крови. В силу того, что кислород является газом, который плохо растворим в жидкостях, в одном литре плазмы переносится всего около 3 мл кислорода. Тем не менее, даже такое небольшое количество переносимого плазмой кислорода влияет на парциальное давление кислорода в кровяном русле и прочих физиологических жидкостях, что оказывает влияние на работу механизмов, регулирующих процессы дыхания и диффузии кислорода в альвеолярной крови и клетках различных тканей организма (46, 91).

С учетом того, что возможности плазмы по транспорту кислорода ограничены, основной объем кислорода переносится с помощью гемоглобина. В кровяном русле мужчины на 100 мл крови содержится порядка 15 - 16 г гемоглобина, у женщин количество гемоглобина на 100 мл крови равняется 14 г. Один грамм гемоглобина связывает и переносит 1.34 мл кислорода; таким образом, в 100 мл крови у мужчин транспортируется порядка 20 мл кислорода, и несколько меньше у женщин (91).

Способ, которым углекислый газ удаляется из системы, имеет определенную схожесть с транспортом кислорода, однако, большое количество углекислого газа удаляется посредством более сложного процесса. После того, как углекислый газ вырабатывается в клетках, он практически беспрепятственно диффундирует через клеточные мембраны, а затем транспортируется в легкие. Как и в случае с кислородом, лишь ограниченное количество углекислого газа – порядка 5% от того объема углекислого газа, который вырабатывается в процессе обменных реакций – переносится плазмой крови; кроме того, по аналогии

с кислородом, это небольшое количество углекислого газа влияет на парциальное давление углекислого газа в кровяном русле. Определенная часть углекислого газа также переносится посредством гемоглобина, однако этот объем ограничен (91).

Наиболее значительное количество углекислого газа (порядка 70%) удаляется из системы путем растворения в жидкой части крови и транспорта в легкие в виде бикарбоната (HCO_3^-). На первом этапе этой обратимой химической реакции происходит растворение углекислого газа в крови, где он поглощается эритроцитами (красными кровяными тельцами) в результате чего образуется угольная кислота. Данная реакция при нормальных условиях протекает достаточно медленно, за исключением тех случаев, когда в реакции участвует фермент карбоангидраза, который в значительной степени катализирует (ускоряет) данный процесс. После образования угольной кислоты, она диссоциирует на ионы водорода и ионы бикарбоната. В силу того, что гемоглобиновый буфер обладает наибольшей мощностью в части регуляции кислотно-щелочного равновесия, именно гемоглобин связывает ионы водорода. Данный процесс способствует поддержанию нормального pH (концентрации водородных ионов) в крови. Ионы бикарбоната диффундируют из эритроцитов в плазму крови, при этом, утрата эритроцитами отрицательно заряженного бикарбоната создает в них положительный заряд, который компенсируется поступающими из плазмы хлорид-ионами (ионы хлора) (46, 91).

Молочная кислота является еще одним промежуточным продуктом обменных реакций в ходе физической деятельности. Во время тренинга с интенсивностью от низкой до умеренной, работающая мускулатура в достаточной степени снабжается кислородом, вследствие чего накопления молочной кислоты не происходит, поскольку скорость ее удаления выше или равна скорости ее выработки. Удаление лактата из мышц является одним из этапов Цикла Кори, в ходе которого выработанный в мышцах лактат транспортируется с кровью в печень, где из него в дальнейшем синтезируется глюкоза в процессе глюконеогенеза. При более высокой интенсивности, возможностей аэробного обмена в части удаления всей образующейся молочной кислоты становится недостаточно, в результате чего ее концентрация в крови начинает повышаться. Уровень интенсивности аэробной деятельности при котором концентрация молочной кислоты (преобразуемой в лактат) начинает нарастать называют Началом накопления лактата крови или ННЛК (OBLA / onset of blood lactate accumulation) (см. Главу 3).

Адаптационные изменения в результате систематического аэробного тренинга

Понимание того воздействия, которое оказывает систематический тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, на состояние различных

Таблица 6.1 Адаптационные изменения, наблюдаемые в организме в качестве реакции на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости

Параметр	Адаптационные изменения в результате аэробного тренинга
Работоспособность Мышечная сила Мышечная выносливость Мощность аэробной деятельности Максимальная скорость выработки усилия Высота вертикального прыжка Мощность анаэробной деятельности Скорость спринтерского бега	Изменения отсутствуют Увеличивается при деятельности низкой мощности Увеличивается Изменения отсутствуют либо наблюдается снижение Аэробный тренинг не влияет на указанное качество Изменения отсутствуют Изменения отсутствуют
Мышечные волокна Размер волокон Плотность капилляров Плотность митохондрий Миофибриллы Плотность укладки Объем Плотность цитоплазмы Белки тяжелой цепи миозина	Изменения отсутствуют или наблюдается слабый рост Увеличение Увеличение Изменения отсутствуют Изменения отсутствуют Изменения отсутствуют Изменения отсутствуют или снижение количества
Ферментативная активность Креатинфосфокиназа Миокиназа Фосфофруктокиназа Лактатдегидрогеназа Натрий-калиевая аденозинтрифосфатаза (Na/K-АТФаза)	Увеличение Увеличение Изменения носят индивидуальный характер Изменения носят индивидуальный характер Может наблюдаться слабый рост
Уровень запасов веществ, используемых организмом для ресинтеза энергии Запасы АТФ Запасы креатинфосфата Запасы гликогена Запасы триглицеридов	Увеличение Увеличение Увеличение Увеличение
Соединительные ткани Прочность связок Прочность сухожилий Содержание коллагена Плотность костных тканей	Увеличение Увеличение Изменения носят индивидуальный характер Изменения отсутствуют или наблюдается рост
Состав тела % жировых тканей Масса нежировых тканей	Снижение Изменения отсутствуют

АТФ = аденозин трифосфат

систем организма крайне важно с точки зрения оценки физической или спортивной работоспособности атлета, а также определения того, каким образом работают различные программы тренинга. Ниже представлена информация в части того, как тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, влияет на состояние сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и эндокринной систем, а также на состояние мышечной, костной и соединительной тканей (см. Таблицу 6.1).

Адаптационные изменения в сердечно-сосудистой системе

Тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, вызывает определенные изменения в функциональном состоянии сердечно-сосудистой

системы, включая увеличение максимальной объемной скорости кровотока, ударного объема сердца, и снижение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя и при занятиях физической деятельностью субмаксимальной мощности. Кроме того, в результате аэробного тренинга увеличивается плотность капилляров в мышечных волокнах, что способствует транспорту кислорода и удалению углекислого газа.

Повышение величины максимального потребления кислорода играет первостепенное значение с точки зрения оптимизации работоспособности атлета в привязке к аэробной выносливости. Одним из основных механизмов увеличения МПК является воздействие на центральный параметр, характеризующий функциональное состояние сердечно-сосудистой системы, а именно, объемную скорость кровотока

сердца. В нормальном состоянии синоатриальный узел генерирует порядка 60 - 80 импульсов в минуту. Систематический тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, приводит к тому, что частота генерации импульсов в значительной степени снижается по причине повышения тонуса парасимпатической системы. Увеличение ударного объема сердца также влияет на частоту сердечных сокращений в состоянии покоя – за одно сокращение сердца прокачивается больший объем крови, в результате чего сердце может сокращаться с меньшей частотой для обеспечения требуемой объемной скорости кровотока. Аэробный тренинг способен повысить объем крови, прокачиваемой сердцем за одно сокращение в состоянии покоя, что, таким образом, в некоторых случаях может объяснять наличие выраженной **брадикардии** (снижение частоты сердечных сокращений) у атлетов с высоким уровнем аэробной подготовки, чья ЧСС в состоянии покоя может находиться в диапазоне 40 - 60 ударов/мин (46, 91).

Наиболее значительным изменением в функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы в результате длительного (6-12 месяцев) тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости, является повышение максимальной величины объемной скорости кровотока сердца в первую очередь за счет увеличения ударного объема сердца. Менее выраженное увеличение частоты сердечных сокращений в ответ на выполнение типового объема работы с субмаксимальными нагрузками является еще одной отличительной особенностью систематического аэробного тренинга. Более того, при заданном уровне нагрузки у тренированных атлетов ЧСС растет менее резкими темпами, чем у людей, ведущих сидячий образ жизни (33, 91). В силу того, что максимальная частота сердечных сокращений, фактически, может демонстрировать незначительное снижение в результате длительного тренинга (83), согласно предположениям, это может происходить вследствие повышения тонуса парасимпатической системы (11), изменения размеров левого желудочка (изменения и объема камеры, и толщины стенки) и мощности сокращений (увеличение сократительной способности) – т.е. именно перечисленные выше аспекты являются ключевыми с точки зрения увеличения ударного объема сердца в ответ на тренинг с нагрузками субмаксимального, а также максимального уровня.

В дополнение к транспорту кислорода, питательных веществ и гормонов, капиллярное кровообращение является средством отвода тепла и удаления промежуточных продуктов обменных реакций. В качестве реакции на рост плотности мускулатуры, который связывают с тренингом, направленным на развитие аэробной выносливости, наблюдается увеличение плотности капиллярной сети в мышечных волокнах, причем рост плотности капилляров зависит от объема и интенсивности тренировочной деятельности. Подобное увеличение

плотности капиллярной сети снижает диффузионное расстояние для кислорода и субстратов обменных реакций (76).

Адаптационные изменения в дыхательной системе

Дыхание как процесс газообмена в легких, обычно, не является фактором, ограничивающим физическую деятельность аэробного характера, кроме того, тренировочный процесс может либо вообще не влиять, либо оказывать слабо выраженное влияние на работу дыхательной системы (7, 24). Более того, наблюдаемые адаптационные изменения в дыхательной системе, как представляется, в высшей степени специфичны к тем типам упражнений, которые используются в ходе тренировочного процесса; говоря другими словами, адаптационные изменения, наблюдаемые в ходе выполнения упражнений на нижние конечности, главным образом, являются именно результатом тренинга нижних конечностей. Если упражнения в ходе тренинга нацелены на проработку нижних конечностей, то у атлета вряд ли будут наблюдаться адаптационные изменения дыхательной системы в ходе физической активности, связанной с тренингом верхних конечностей. К числу адаптационных изменений относят увеличение дыхательного объема и частоты дыхательных движений в результате тренинга максимальной интенсивности. В качестве реакции на тренинг субмаксимальной интенсивности частота дыхательных движений зачастую снижается, а дыхательный объем увеличивается. Адаптация дыхательной системы, как правило, является результатом приспособленческих процессов на уровне нервной системы, химических реакций, и местных изменений, наблюдаемых в работающей мускулатуре вследствие тренинга (7, 24).

Адаптационные изменения в нервной системе

Адаптационные изменения в нервной системе играют важную роль на ранних стадиях аэробного тренинга (108). На начальном этапе, повышается эффективность деятельности при одновременном снижении скорости утомления сократительных механизмов. Кроме того, повышение аэробной работоспособности атлета может приводить к тому, что нервная деятельность, в основном, будет сконцентрирована на чередовании состояний в мышцах-синергистах (т.е. вместо поддержания постоянного уровня активации, в синергистах будут чередоваться фазы активного и неактивного состояния, что позволяет поддерживать относительно низкий уровень затрат в связи с выработкой усилий [122]) и в двигательных единицах в работающей мускулатуре. В результате вышеуказанного, двигательная деятельность атлета приобретает более эффективный характер при меньших энергозатратах.

Адаптационные изменения в мускулатуре

Одним из видов фундаментальных адаптационных реакций организма в ответ на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, является увеличение количества кислорода, потребляемого мускулатурой при физической нагрузке. Данное адаптационное изменение позволяет атлету поддерживать заданную абсолютную интенсивность физической деятельности с большей легкостью. Особенно впечатляет то, что в результате такого тренинга атлет может выполнять упражнения с относительно более высокой интенсивностью, поскольку в ходе тренировочного процесса у него повышается максимальная мощность аэробной деятельности. Таким образом, замер максимального потребления кислорода непосредственно до и после аэробного тренинга может не всегда давать полную картину работоспособности атлета в ходе соревновательных выступлений. К примеру, атлет, который бежит марафонскую дистанцию с темпом, соответствующим уровню в 75% от МПК, в результате соответствующего тренинга, может получить возможность поддерживать темп, который соответствует 80% от максимальной мощности аэробной деятельности. Подобное адаптационное изменение является следствием резервирования гликогена (т.е. в ходе деятельности расходуется меньшее количество гликогена), а также повышения доли утилизируемых жиров в мускулатуре, что позволяет дольше поддерживать требуемую работоспособность при том же уровне интенсивности (59). Следствием этого является то, что ННЛК наблюдается при более высоком уровне (до 80-90%) потребления кислорода. Данный тип реакции, который рассматривается в качестве благоприятного, может быть следствием увеличения аэробной выносливости мышечных волокон соответствующего типа, специфических адаптационных изменений на местном уровне, возникающих в результате аэробного тренинга, что приводит к снижению выработки молочной кислоты, изменениям в секреции определенных гормонов (в частности катехоламинов, вырабатываемых при высокоинтенсивной деятельности), а также повышению скорости выведения молочной кислоты (91).

Мышечная деятельность в рамках программ аэробного тренинга предполагает выполнение мышечных сокращений субмаксимальной мощности в течение длительного периода времени, а также относительно коротких периодов отдыха. Таким образом, относительная интенсивность находится на очень низком уровне, при этом, объем тренинга очень высок. Подобный характер тренировочной деятельности способствует изменениям в сторону относительного роста аэробного потенциала, которые аналогичны для волокон Типа I и Типа II (134). В сравнении с волокнами Типа II, волокна Типа I характеризуются более высоким изначальным потреблением кислорода, на которое надстраивается аэробный потенциал, полученный в ходе тренинга (43).

Таким образом, окислительная способность волокон Типа I является более высокой в сравнении с волокнами Типа II как до, так и после тренинга. Тем не менее, если интенсивность поддерживается на достаточном уровне, который соответствует интервальному бегу на 800 м, то быстросокращающиеся волокна (в особенности волокна Типа IIx) также вносят существенный вклад в процесс выработки усилий. В результате тренинга в описанных выше условиях, величина потребления кислорода данными волокнами также возрастает, однако систематический тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, приводит к снижению концентрации гликолитических ферментов, а также может понижать общую мышечную массу волокон указанного типа (82).

В отличие от этого, избирательная гипертрофия мышечных волокон Типа I возникает (19) вследствие повышения объема рекрутирования этого типа волокон в ходе различных видов аэробной деятельности. В связи с этим необходимо отметить, что диаметр поперечного сечения волокон Типа I вследствие гипертрофии не достигает диаметра поперечного сечения волокон Типа II, изменения в котором происходят вследствие тренинга с отягощениями. Кроме того, изменения диаметра волокон Типа I, наблюдаемые в результате аэробного тренинга, менее выражены в сравнении с изменениями того же типа волокон после тренинга с отягощениями по программе, предназначенной для бодибилдеров.

Практически отсутствуют данные, свидетельствующие о том, что в результате длительного тренинга, направленного на развитие аэробной выносливости, возможно преобразование волокон Типа II в волокна Типа I, однако, может наблюдаться постепенный переход в рамках двух основных подгрупп волокон Типа II – от волокон Типа IIx к волокнам Типа IIa (2, 134). Данное изменение носит достаточно важный характер в том плане, что волокна Типа IIa обладают более высокой окислительной способностью в сравнении с волокнами Типа IIx, при этом, физические характеристики волокон Типа IIa больше схожи с волокнами Типа I. Результатом описанного выше преобразования является увеличение количества волокон, которые способны влиять на работоспособность атлета в рамках деятельности аэробного характера.

На клеточном уровне, к числу адаптационных изменений в мускулатуре в ответ на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, относят увеличение размера и количества митохондрий (56), а также повышение уровня миоглобина (21, 52). **Миоглобин** – это белок, посредством которого осуществляется транспорт кислорода внутри клетки. **Митохондрии** – это органеллы, которые отвечают за аэробный ресинтез аденозин трифосфата (АТФ) посредством окисления гликогена и свободных жирных кислот. Когда повышенное количество митохондрий более значительных размеров сочетается с увеличением объема кислорода, который может быть доставлен к

митохондриям вследствие роста концентрации миоглобина, повышается общая способность мускулатуры получать и утилизировать кислород. Данное адаптационное изменение в дальнейшем подкрепляется повышением концентрации и активности ферментов, участвующих в процессе аэробного метаболизма глюкозы (61) и одновременного с ним повышения уровня запасов гликогена (41, 43) и триглицеридов (94).

Адаптационные изменения в костной и соединительной ткани

Правильный выбор среди различных форм аэробных упражнений позволяет достичь определенного успеха с точки зрения благоприятных изменений в массе костных тканей. Программы аэробного тренинга, которые рассматриваются в качестве наиболее эффективных в части стимулирования роста костной массы, требуют занятий достаточно интенсивной деятельностью типа бега или высокоинтенсивной аэробики (10, 15). Ключевой аспект с точки зрения успешной стимуляции роста костной массы заключается в том, чтобы выбранный способ тренинга подразумевал значительно более высокую интенсивность в сравнении со среднестатистическим ежедневным характером двигательной деятельности, с целью преодоления минимального порога интенсивности, а также давал такую циклическую нагрузку, которая бы превышала минимальный пороговый уровень и пороговую частоту, что в результате позволяло бы стимулировать рост костных тканей (10). Интенсивность деятельности должна систематически повышаться для того, чтобы перегружающее воздействие на костные ткани носило постоянный характер. Фактически, атлету будет достаточно сложно перегрузить костную ткань посредством аэробных упражнений в тех ситуациях, когда особенности работы системы транспорта кислорода, а не ограничения со стороны опорно-двигательного аппарата будут приводить к невозможности перехода к новой интенсивности тренинга. Костная ткань начинает демонстрировать ответную реакцию после того, как внешняя нагрузка преодолевает определённый порог мощности и частоты действия. Таким образом, в целях усиления стимуляции опорно-двигательного аппарата, также необходимо увеличивать скорость движения конечностей. Использование высокоинтенсивного интервального тренинга является одним из методов повышения мощности остеогенной стимуляции (способствующей образованию новой костной массы), который при этом сохранял бы преимущества, связанные с аэробным тренингом (12, 34).

У взрослых людей, предел развития и укрепления сухожилий, связок и хрящей пропорционален интенсивности воздействия на организм тренировочного стимула, в особенности если говорить о работе с отягощениями (98). Как и в случае с костями и мышцами, для формирования новых соединительных тканей необходима такая

интенсивность тренинга, которая бы систематически превышала уровень нагрузки, характерный для обычной повседневной деятельности (см. Главу 5 для получения более подробной информации).

Примером благоприятного воздействия работы с отягощениями на состояние хрящевых тканей является коленный сустав, в котором наиболее нагруженные в результате тренинга с отягощениями суставные поверхности имеют более значительную толщину в сравнении с ненагруженными (98). Как представляется, функциональное полноамплитудное движение, выполняемое под действием отягощения, является необходимым условием поддержания жизнеспособности тканей (119).

Проводимые на животных исследования, направленные на оценку неблагоприятных последствий аэробного тренинга на состояние хрящевых тканей, позволили получить многообещающие результаты. Несмотря на то, что в результате одного исследования было доказано, что при энергичном беге (12.5 миль [20 км] за один сеанс) толщина хрящевой ткани снижалась (66), другое исследование, также проводимое на собаках, продемонстрировало, что программа бега с умеренной нагрузкой (1 час в день, пять дней в неделю, в течение 15 недель) позволяла нарастить толщину хрящевой ткани, а также вызывала стимуляцию коррекции костных тканей, которая по своему характеру рассматривалась в качестве благоприятной (67). Кроме того, в рамках еще одной аналитической работы было обнаружено, что бег на дистанцию 25 миль (40 км) за один сеанс деятельности в течение периода в один год, или бег с отягощением (с помощью жилета массой 130% от веса животного) на дистанцию 2.5 мили (4 км) пять дней в неделю в течение 550 недель, не приводит к дегенеративным изменениям суставов (15).

Адаптационные изменения в эндокринной системе

Несмотря на то, что важность реакций самой эндокринной системы в ответ на тренинг с отягощениями общепризнана (75), не меньшую значимость имеют изменения на уровне выработки гормонов, способствующих адаптационным изменениям, которые наблюдаются в качестве реакции на аэробный тренинг (38, 39, 69, 91, 94). Концентрации тестостерона, инсулина, инсулин-подобного фактора роста 1 (ИФР-1 / IGF-I), и гормона роста влияют на структурную целостность мышц, костей и соединительных тканей, а также способствуют нормальному протеканию обменных процессов (35, 36, 71, 72, 127). Для аэробного тренинга характерны следующие виды ответных реакций организма: увеличение концентраций гормонов в кровотоке, а также изменения, связанные с гормональными рецепторами (а именно, число рецепторов и скорость возникновения ответных реакций).

Высокоинтенсивный аэробный тренинг влияет на абсолютный уровень секреции множества

гормонов при условии действия максимального уровня нагрузки, при этом, следует отметить то, что, несмотря на вышеуказанное, гормональные реакции у тренированных атлетов при физической деятельности субмаксимального характера притуплены (87). Концентрации гормонов у тренированных атлетов не отличаются от концентраций гормонов у нетренированных сверстников при одинаковой относительной субмаксимальной интенсивности деятельности (115). Более мощный гормональный отклик в ходе деятельности максимального характера позволяет организму атлета воспринимать и выдерживать длительную аэробную физическую деятельность высокой интенсивности (138). Когда интенсивность деятельности является очень высокой, а длительность очень низкой (от 5 до 10 секунд), в периферическом кровотоке наблюдаются изменения концентраций только тех гормонов, которые отвечают за реакцию по типу “бей-беги” (“fight-or-flight”) (т.е. повышаются концентрации адреналина и норадреналина) (74).

Аэробный тренинг, в особенности бег, зачастую связывают с усилением чистого распада белков в мускулатуре (124), что обусловлено, в частности, процессом секреции гормона кортизола в ответ на действие нагрузки (115, 116), который организм пытается запустить для того, чтобы уравновесить анаболические гормональные реакции со стороны гормонов тестостерона и ИФР-1 (128). Тем не менее, результаты недавно проведенного исследования свидетельствуют о том, что в скелетной мускулатуре атлетов, развивающих выносливость, действительно наблюдается чистый синтез белков, который может вызывать мышечную гипертрофию (68), однако, наиболее вероятно, что она будет вызвана не сократительными, а митохондриальными белками (131, 133).

Адаптационные изменения в ответ на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости

С целью изучения адаптационных изменений, наблюдаемых в организме как реакции на физическую деятельность, направленную на развитие аэробной выносливости, было проведено достаточно большое количество исследований (5, 13, 17, 26, 37, 53, 54, 131). Процесс аэробного обмена играет крайне важную роль с точки зрения работоспособности организма человека, а также является фундаментальным с точки зрения всех видов спорта, как минимум вследствие того, что он связан с характером восстановления (125). С точки зрения обменных процессов, цикл Кребса и цепь переноса электронов являются основными путями аэробного ресинтеза энергии. В ходе аэробного обмена вырабатывается гораздо больше энергии в виде молекул АТФ в сравнении с анаэробным механизмом ресинтеза АТФ, при этом в рамках аэробного обмена в качестве источников энергии организм использует жиры, углеводы и белки.

Следует отметить, что в широком спектре различных видов спорта организм использует как аэробный, так и анаэробный механизм ресинтеза энергии, что требует соответствующего тренинга. К примеру, футбол, лакросс, баскетбол, хоккей на траве, а также хоккей на льду характеризуются длительной двигательной деятельностью (а, следовательно, и постоянным уровнем повышенного потребления кислорода) в комбинации с взрывными ускорениями и наличием выраженной мощностной составляющей. Тренировочная работа, способствующая надлежащей проработке систем, участвующих в аэробном ресинтезе энергии, является совершенно необходимой с точки зрения энергетического обеспечения деятельности описанного выше характера, а также адекватного восстановления между тренировками.

Любому атлету необходим хотя бы базовый уровень выносливости сердечно-сосудистой системы – если не для повышения работоспособности, то как минимум из соображения здоровья – которого можно достигнуть с помощью использования соответствующих тренировочных программ и комплексов. Если не принимать во внимание классические методики субмаксимального аэробного тренинга, то в качестве другого способа повышения уровня аэробной подготовки (т.е., повышение МПК и лактатного порога) можно предложить интервальный тренинг (14, 37, 80).

Одним из вариантов адаптационных изменений в ответ на аэробный тренинг, который наиболее легко поддается количественной оценке, является увеличение максимального потребления кислорода, связанное с повышением максимальной объемной скорости кровотока (13, 23, 53, 131). По мере роста интенсивности деятельности, количество потребляемого кислорода увеличивается до максимального уровня. Когда величина потребления кислорода не может демонстрировать дальнейший рост в ответ на соответствующий запрос со стороны организма атлета, говорят, что был достигнут уровень максимального потребления кислорода даже в ситуации, когда ограничения в объеме доступного кислорода отсутствуют. Тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, способен повысить мощность аэробной деятельности атлета 5% - 30%, в зависимости, в частности, от начального уровня подготовки, а также генетического (наследственного) потенциала человека (5). Большинство адаптационных изменений с точки зрения максимального потребления кислорода могут быть достигнуты за период в 6 – 12 месяцев тренинга. По прошествии указанного периода, дальнейшие изменения в аэробной работоспособности в основном будут обусловлены повышением эффективности беговой деятельности, а также повышением лактатного порога (62). К числу изменений в части обменных процессов относят повышение дыхательного объема, снижение концентраций лактата в крови при заданной субмаксимальной интенсивности тренировочной деятельности, повышение плотности митохондрий и

капиллярной сети, а также увеличение активности ферментов. В ряде ситуаций может обнаружиться, что у подготовленных бегунов в результате дальнейшего систематического тренинга на выносливость уровень МПК расти не будет, однако их работоспособность будет повышаться за счет экономизации беговых движений (13, 54).

Интенсивность тренинга является одним из наиболее важных факторов с точки зрения повышения и сохранения достигнутого уровня мощности аэробной деятельности. Короткие, высокоинтенсивные периоды интервальных спринтерских ускорений способны повысить величину максимального потребления кислорода при условии, что длительность перерывов на отдых между ускорениями также будет достаточно короткой. Каллистер и соавторы (17) продемонстрировали, что значительные периоды отдыха в комбинации со спринтерскими ускорениями позволяют повысить скорость спринтерского бега, при этом, не оказывая влияния на максимальную мощность аэробной деятельности. Таким образом, длительные тренировки, отличающиеся значительными перерывами на отдых между сеансами деятельности, вызывают менее выраженный прирост величины потребления кислорода. Различными исследованиями было доказано, что использование более коротких периодов на отдых в перерывах между высокоинтенсивной интервальной деятельностью позволяет совершенствовать характер протекания обменных процессов в скелетной мускулатуре, что приводит к повышению выносливости (40).

Тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, как правило, связывают с изменением состава тела при условии, надлежащего питания. Обычно, тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, снижает относительную долю жировых тканей, но оказывает либо минимальный эффект, либо никакого эффекта на массу нежировых тканей. Длительные программы тренинга могут вызывать более выраженное снижение доли жировой массы (13, 26, 61). При этом, избыточный объем тренинга может приводить к преобладанию в организме катаболических процессов и вызывать дисбаланс между анаболическими и катаболическими процессами (114).

Тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости, вызывает снижение доли жировых тканей, увеличение МПК, рост экономизации беговой деятельности, увеличение дыхательного объема, снижение концентрации лактата в крови при деятельности субмаксимального характера, повышение плотности митохондрий и капиллярной сети, а также рост активности ферментов.

В Таблице 6.2 представлен перечень физиологических изменений, которые возникают при кратковременном (от 3 до 6 месяцев) аэробном тренинге, а также сравнение результатов такого тренинга для неподготовленных людей и атлетов, развитие которых с точки зрения аэробной выносливости находится на элитном уровне.

Внешние факторы и аспекты индивидуальных особенностей, оказывающие влияние на адаптационные изменения в ответ на аэробный тренинг

На краткосрочные и системные виды адаптационных изменений в сердечно-сосудистой и дыхательной системах, которые наблюдаются в качестве ответной реакции на соответствующий тренинг, влияет широкий спектр как внешних факторов, так и индивидуальных аспектов. В данном разделе дается краткое описание влияния высоты над уровнем моря, гипероксического дыхания (газовой смесью, перенасыщенной кислородом), курения и кровяного допинга (внешние факторы), а также влияния наследственности, возраста и пола атлета (индивидуальные аспекты).

Высота над уровнем моря

При работе на высотах, превышающих 3,900 футов (1,200 м), в организме начинают наблюдаться выраженные адаптационные изменения, которые призваны компенсировать снижение парциального давления кислорода в атмосфере (49). В Таблице 6.3 представлены изменения, связанные с высотой гипоксией, которые носят незамедлительный и долгосрочный характер. Два вида изменений, которые возникают на начальном этапе процесса приспособления, играют особенно важную роль. Первый заключается в увеличении уровня легочной вентиляции (**гипервентиляция легких**) в состоянии покоя и в ходе деятельности. Такое увеличение уровня вентиляции является результатом повышения частоты дыхательных движений. Если атлет остается на указанных высотах дольше, то вследствие этого, свой вклад в изменение характера вентиляции легких также начинает давать увеличение дыхательного объема легких. Длительность периода перехода уровня вентиляции легких в устойчивое состояние обуславливается конкретной высотой над уровнем моря и продолжительностью нахождения атлета на данной высоте (64). Второй вид изменений на начальном этапе работы на высоте представлен увеличением объемной скорости кровотока сердца в состоянии покоя, а также в ходе занятий деятельностью с субмаксимальными нагрузками, что, в основном, вызвано увеличением частоты сердечных сокращений (49, 91). В ходе занятий деятельностью субмаксимального характера, ЧСС и объемная скорость кровотока сердца могут повышаться на 30% - 50% от величины, характерной для работы на уровне моря, при этом, ударный объем сердца остается неизменным или несколько снижается.

Таблица 6.2 Изменения на физиологическом уровне, наблюдаемые в организме в качестве реакции на тренинг, направленный на развитие аэробной выносливости

Параметр	Люди, не имевшие подготовки		Элитные атлеты высокого уровня подготовки
	До тренинга	После тренинга	
Частота сердечных сокращений (уд/мин)			
В состоянии покоя (104, 109)	76.4	57.0	45.0
Максимальная (104, 109)	192.8	190.8	196.0
Ударный объем сердца (мл)			
В состоянии покоя (109, 137)	79	76	94
Максимальный (109, 137)	104	120	187
Объемная скорость кровотока (л/мин)			
В состоянии покоя (109, 137)	5.7	4.4	4.2
Максимальная (109, 137)	20.0	22.8	33.8
Объем сердца (мл) (104, 109)	860	895	938
Кровяное давление (мм рт.ст.) (104, 109)			
В состоянии покоя (104, 109)	131/75	144/78	112/75
Максимальное (104, 109)	204/81	201/74	188/77
Легочная вентиляция (температура тела [37°C], давление [во внешней среде] насыщенного пара [47 мм рт.ст.])			
В состоянии покоя (104, 109)	10.9	12.0	11.8
Максимальная (104, 109)	128.7	156.4	163.4
Артериовенозная разница по кислороду (мл/100мл)			
В состоянии покоя	5.8	7.5	—
Максимальная (109, 137)	16.2	17.1	15.9
Максимальное потребление кислорода (мл·кг ⁻¹ ·мин ⁻¹) (104, 109)	36.0	48.0	74.1
Процентная доля волокон Типа I (1)	48	51	72
Площадь волокон (μм ²)			
Тип I (27)	4,947*	6,284*	6,485
Тип II (27)	5,460*	6,378*	8,342
Плотность капиллярной сети			
Количество капилляров/мм ² (1, 51)	289	356	640
Количество капилляров на волокно (1)	1.39	1.95	2.15
Концентрации ферментов в скелетной мускулатуре			
Цитратсинтаза (μмоль·мин ⁻¹ ·г ⁻¹ сырого вещества) (132)	35.9	45.1	—
Лактатдегидрогеназа (μмоль·мин ⁻¹ ·г ⁻¹) (27)	843*	788*	746
Сукцинатдегидрогеназа (μмоль·мин ⁻¹ ·г ⁻¹) (27)	6.4*	17.7*	21.6
Фосфофруктокиназа (μмоль·мин ⁻¹ ·г ⁻¹) (42, 43)	27.13	58.82	20.1
Максимальная скорость сокращения волокон (волокно заданной длины/сек)			
Тип I (48, 126)	0.99	1.27	1.65
Тип II (48, 126)	3.18	3.38	3.72

*Данные взяты из исследований, в которых изучался не тренинг, а иной процесс; участники исследования не имели подготовки или были “бегунами на длинные дистанции с хорошими результатами”.

Данные были подготовлены Карвином Шарпом. Если не указано иное, данные взяты из исследования Салтина Б., Бломквиста Г. и соавторов “Реакция организма на физическую деятельность после отдыха в кровати и после тренинга. Кровообращение” 38(Доп. 7):1-78, 1968 (Saltin, B, Blomqvist, G, et al. Response to exercise after bed rest and after training. Circulation)

Увеличение субмаксимальной объемной скорости кровотока отражает необходимость наращивания притока крови в те периоды, когда содержание кислорода в артериальной крови снижено в силу нахождения на значительной высоте над уровнем моря, поскольку организму необходимо сохранять нужный уровень снабжения тканей кислородом.

Через 10 - 14 дней нахождения на указанной высоте, частота сердечных сокращений и объемная скорость кровотока начнут возвращаться к нормальным значениям, поскольку в результате долгосрочной приспособленческой реакции увеличится объем выработки эритроцитов (красных кровяных телец).

Каковы благоприятные изменения в работоспособности атлета в результате занятий аэробным тренингом?

Аэробный тренинг оказывает благоприятное влияние на состояние опорно-двигательного аппарата, а также сердечно-сосудистой и дыхательной систем. К числу адаптационных изменений относят:

Дыхательная система: Снижение числа дыхательных движений при работе субмаксимального характера (31).

Сердечно-сосудистая система: Снижение частоты сердечных сокращений при работе с постоянными субмаксимальными нагрузками (106), вызванное увеличением ударного объема сердца и объемной скорости кровотока сердца. Увеличение ударного объема сердца и объемной скорости кровотока сердца происходит за счет повышения объема циркулирующей крови (45).

Опорно-двигательный аппарат: Увеличение артериовенозной разницы по кислороду за счет развития капиллярной сети в мышцах (110, 123), повышение концентраций окислительных ферментов, а также увеличение размеров и плотности митохондрий (58).

Мощность аэробной деятельности (максимальное потребление кислорода): Небезосновательно наиболее важным изменением в качестве реакции на аэробный тренинг на уровне физиологии считают увеличение максимального потребления кислорода (МПК), поскольку данный параметр зачастую используется в качестве критерия состояния сердечно-сосудистой системы. На величину МПК также влияет наследственность атлета и тип тренировочной программы. Атлеты элитного уровня демонстрируют слабые изменения в максимальном потреблении кислорода в качестве реакции на тренинг (5-10%), а у нетренированных людей МПК может повышаться на величину до 20% (55, 62). Высокое значение МПК в комбинации с повышенным лактатным порогом позволяет нарастить работоспособность у бегунов, а также у спортсменов, двигательная деятельность которых носит характер интервальных ускорений (футбол, баскетбол, и прочие командные виды спорта).

Лактатный порог: Аэробный тренинг способствует повышению абсолютной величины лактатного порога, что позволяет высокотренированным атлетам работать на более высоких относительных и абсолютных величинах потребления кислорода (долях от МПК) в сравнении с людьми с более низким уровнем подготовки. Повышенная переносимость лактата дает ряд преимуществ с точки зрения работоспособности атлетов; к ним относят способность в ходе бега поддерживать энергозатраты, соответствующие более высокой процентной доли от МПК (что приводит к снижению времени, затрачиваемого на преодоление дистанции); увеличение дистанции, преодолеваемой атлетом за одну игру; более качественное восстановление в ходе перерыва перед вторым таймом (второй половиной игры), и возможность работать с более высокой интенсивностью на протяжении всего соревновательного выступления. Важность высокого лактатного порога можно продемонстрировать с помощью следующего примера. Рассмотрим ситуацию, когда у двух спортсменов одинаковая величина МПК, к примеру, $50 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$; однако, если у одного из них лактатный порог равен 80% от МПК (т.е. концентрация лактата начинает нарастать лавинообразно после преодоления порога в $40 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), в то время как у другого порог равен 70% от МПК (т.е., $35 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$), то выдаваемая первым атлетом мощность будет на $5 \text{ мл} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$ выше, чем у второго. При всех прочих равных, подобная экономизация двигательной деятельности позволит поддерживать более высокую скорость движения, а, значит, и более высокую работоспособность.

Эффективность утилизации субстратов: С точки зрения множества командных видов спорта, углеводы являются предпочтительным источником энергии в ходе осуществления деятельности высокоинтенсивного интервального характера. Аэробный тренинг приводит к увеличению доли жиров, используемых в качестве субстратов для энергообеспечения деятельности, что позволяет резервировать углеводы. Имея возможность резервирования углеводов, выносливый атлет сможет поддерживать высокоинтенсивную двигательную деятельность в течение более длительных периодов времени. Эффективность аэробной деятельности в дальнейшем можно повышать за счет различных вариантов углеводной загрузки, которая позволяет наращивать объем внутреннего депо гликогена (16).

Адаптационные изменения со стороны мышечных волокон: Когда мышечные волокна рассматривают в разрезе площади поперечного сечения, у элитных бегунов на длинные дистанции наблюдается более высокая (в процентном соотношении) доля волокон Типа I, при этом, такие волокна рассматривают как крайне эффективные функционально с точки зрения аэробного обмена (в силу более высокой плотности митохондрий и концентраций окислительных ферментов [57], а также более развитой капиллярной сети, что влияет на эффективность доставки кислорода к тканям). Аэробный тренинг, в особенности длительного (преодолеваемая дистанция) и высокоинтенсивного интервального характера приводит к росту окислительных возможностей волокон Типа I. Результаты исследований свидетельствуют о том, что в скелетной мускулатуре могут меняться их внутренние характеристики волокон и состояние тяжелых цепей миозина, что приводит к изменению типа волокон и увеличению доли волокон Типа IIa у выносливых атлетов (8, 102). С точки зрения работоспособности, описанные выше изменения на уровне обменных процессов и мышечных волокон приводят к повышению эффективности процесса аэробного ресинтеза.

Эффективность деятельности: Экономизация двигательной деятельности прежде всего зависит от биомеханики и техники. У двух выносливых атлетов могут быть равные величины МПК, и один и тот же лактатный порог, однако у них может быть различная работоспособность. Атлет с более высокой экономизацией двигательной деятельности (которому необходимо меньше энергии на поддержания требуемого уровня выходной мощности) будет способен поддерживать требуемую мощность в течение более длительного периода времени, даже при условии, что величины МПК и лактатного порога у него и его менее эффективного соперника одинаковы.

Таблица 6.3 Варианты приспособленческих реакций организма в ответ на действие высотной гипоксии

Система	Незамедлительные изменения	Изменения в долгосрочной перспективе
Легкие	Гипервентиляция	Остановка роста величины вентиляции легких
Кислотно-щелочная	Жидкости организма становятся более щелочными в силу снижения содержания углекислого газа (CO ₂), которое вызвано гипервентиляцией	Экскреция (выделение) бикарбоната (HCO ₃ ⁻) почками с сопутствующим снижением щелочного резерва
Сердечно-сосудистая	В состоянии покоя, а также при занятиях деятельностью субмаксимального характера увеличивается объемная скорость кровотока сердца Повышается субмаксимальная частота сердечных сокращений Ударный объем сердца остается на том же уровне или несколько снижается Максимальная частота сердечных сокращений остается на том же уровне или несколько снижается Объемная скорость кровотока сердца остается на том же уровне или несколько снижается	Продолжает наблюдаться повышение субмаксимальной частоты сердечных сокращений В состоянии покоя, а также при занятиях деятельностью субмаксимального и максимального характера снижается ударный объем сердца Снижается максимальная частота сердечных сокращений Снижается максимальная объемная скорость кровотока сердца
Кровь		Увеличивается количество вырабатываемых эритроцитов (полицитемия) Увеличивается вязкость крови Увеличивается гематокрит (соотношение объемов форменных элементов и плазмы крови) Снижается объем плазмы крови
Ткани		Увеличение плотности капиллярной сети в скелетной мускулатуре Увеличение количества митохондрий Увеличение доли используемых свободных жирных кислот, что обуславливает резервирование мышечного гликогена

Таким образом, когда организм подвергается выраженному высотному воздействию, незамедлительными и относительно эффективными видами его реакции после возникновения новых условий, связанных с падением парциального давления кислорода, является гипервентиляция легких и повышение субмаксимальной объемной скорости кровотока. Тем не менее, несмотря на указанные выше изменения, в течение периода выраженного воздействия снижается показатель насыщения артериальной крови кислородом, что приводит к снижению максимального потребления кислорода и аэробной работоспособности на отметках, превышающих 3,900 футов (1,200 м) над уровнем моря. Изменения, связанные с приспособлением организма к высотному воздействию, начинают реверсироваться (т.е. демонстрировать обратную динамику) примерно через месяц после возврата на уровень моря. Как указано в Таблице 6.3, к числу системных изменений на уровне физиологии и обменных процессов, которые наблюдаются в результате длительного

высотного воздействия относят:

- увеличение выработки гемоглобина (рост выработки, как правило, составляет порядка 5-15%, хотя фиксировались случаи более выраженного роста) и эритроцитов (рост порядка 30-50%),
- увеличение диффузионной способности легких, что упрощает проникновение кислорода через альвеолярно-капиллярные мембраны,
- сохранение кислотно-щелочного баланса биологических жидкостей организма за счет выведения бикарбоната (HCO₃⁻) через почки, а также посредством гипервентиляции, и
- увеличение плотности капиллярной сети.

Перечисленные выше изменения, как правило, улучшают переносимость гипоксии на средних и значительных высотах над уровнем моря (46, 49, 91) и могут приводить к возврату практически к тому уровню работоспособности, который атлет выдавал на уровне моря, при условии

адекватной адаптации. Организму потребуется от 3 до 6 недель для того, чтобы адаптироваться к воздействию средних высот (2,200 - 3,000 м). Тем не менее, падение работоспособности атлета в сравнении с теми возможностями, которые он демонстрирует на уровне моря, как правило, будет наблюдаться при выраженном высотном воздействии вне зависимости от длительности периода акклиматизации. В связи с описанными выше особенностями высотного воздействия, профессионалам в области силового и кондиционного тренинга следует информировать атлетов как о характере незамедлительных, так и долгосрочных реакций организма, для того, чтобы атлеты могли в необходимой степени корректировать свои тренировочные программы и сохраняли положительный настрой на фоне действия высоты на их организм.

Гипероксическое дыхание

Согласно предположениям, дыхание газовыми смесями, перенасыщенными кислородом (**гипероксическое дыхание**) в ходе периодов отдыха или непосредственно после занятий спортом должно оказывать благоприятное влияние на некоторые аспекты физической работоспособности, несмотря на то, что на текущий момент нет четкого понимания механизмов, обуславливающих подобные результаты, сама процедура гипероксического дыхания по-прежнему вызывает споры, а результаты соответствующих исследований привели к тому, что научное сообщество разделилось на два лагеря (117, 118). Гипероксическое дыхание способно увеличить количество кислорода, переносимого с кровотоком к работающей мускулатуре. Необходимо отметить, что у здоровых людей дыхание атмосферным воздухом на уровне моря приводит к тому, что в артериальной крови гемоглобин насыщается кислородом примерно на 95% - 98%. Таким образом, всю перспективность преимуществ от гипероксического дыхания в ходе периодов отдыха или непосредственно после физической деятельности еще только предстоит раскрыть в полной мере (46, 103).

Курение

На текущий момент относительно малое количество исследований было посвящено вопросу влияния курения на физическую работоспособность, вероятно в силу того, что атлеты и люди, ведущие активный образ жизни, как правило, стараются не курить, поскольку курение снижает работоспособность или увеличивает риск развития заболеваний (85, 101). У курильщиков наблюдаются нарушения в функции легких и рост риска хронических обструктивных заболеваний легких (88, 120) включая такие как хронический бронхит (65) и эмфизема (86). У подростков наблюдалось снижение переносимости физических нагрузок, а также ухудшение функционального состояния кардиореспираторной системы (85), а это доказывает, что

разрушающее воздействие курения проявляется даже у молодых курильщиков через относительно короткий период времени. Отрицательное воздействие курения, в основном, идет в двух направлениях

- увеличение сопротивления дыхательных путей в результате сужения просвета мелких бронхов и бронхиол, а также увеличение объема выделений жидкости и отёчности бронхиального дерева по причине раздражающего воздействия дыма; и
- паралич ресничек эпителия слизистой оболочки дыхательных путей, что ослабляет способность к удалению излишних объемов жидкости и инородных частиц, а это, в свою очередь, приводит к накоплению инородных веществ и частиц в дыхательных путях, усложняя сам процесс дыхания.

Таким образом, даже те атлеты, которые курят относительно мало, в ходе занятий физической деятельностью могут чувствовать закрепощенность дыхания, а также наблюдать снижение уровня работоспособности (46, 91).

Действие угарного газа (монооксида углерода), который является компонентом сигаретного дыма, связывают с нарушением характера гемодинамической реакции, наблюдаемой в ответ на занятия физической деятельностью, а также с увеличением секреции катехоламинов. В сравнении с кислородом, угарный газ обладает более высокой аффинностью (средством, т.е. способностью связываться) с гемоглобином. Получившийся в результате этого карбоксигемоглобин (прочное соединение гемоглобина и угарного газа) приводит к снижению количества кислорода, переносимого гемоглобином, и, таким образом работающая мускулатура недополучает кислород. Ухудшение качества транспорта кислорода может снижать максимальный уровень работоспособности, в результате чего в ходе субмаксимальной деятельности может усиливаться выраженность реакций сердечно-сосудистой системы с той целью, чтобы работающие мышцы снабжались кровью, которая в достаточной степени насыщена кислородом. Усиление синтеза катехоламинов вызывает повышение частоты сердечных сокращений и кровяного давления.

Кровяной допинг

Практика, которая заключается в использовании искусственного увеличения концентрации эритроцитов (**кровяной допинг**) в качестве меры, направленной на повышение спортивной работоспособности, подвергалась критике как безнравственная и лишенная этики, а также как несущая высокие риски для здоровья атлетов (100). Тем не менее, результаты исследования дают возможность предполагать, что подобная практика способна вызывать рост работоспособности в рамках аэробной деятельности, а также может повышать переносимость определенных условий окружающей среды (112).

Процедура кровяного допинга может осуществляться посредством вливания атлету его собственных эритроцитов или полученных от другого человека, или с помощью использования **эритропоэтина (ЕРО)**, гормона, который контролирует образование эритроцитов (красных кровяных телец). Внутривенное вливание эритроцитов приводит к быстрому росту массы эритроцитов в кровотоке, однако такой эффект длится лишь несколько недель (97), в то время как медикаментозное воздействие эритропоэтина вызывает соответствующие изменения в течение более длительных периодов и все время, пока атлет принимает препарат с эритропоэтином (112). В обоих случаях, высказывались теоретические предположения, согласно которым увеличение общей массы эритроцитов должно способствовать увеличению уровня насыщения крови кислородом, что в свою очередь, должно вызывать повышение обеспеченности кислородом работающей мускулатуры. Было доказано, что с помощью таких методов как внутривенные вливания эритроцитов, и прием эритропоэтиновых препаратов максимальное потребление кислорода повышалось на величину до 11% (112, 113). При работе с типовыми уровнями субмаксимальных нагрузок, использование метода кровяного допинга было правомерно связывать со снижением частоты сердечных сокращений и концентрации лактата в крови, а также более высоким уровнем рН (112).

Результаты использования кровяного допинга дают возможность строить предположения в части того, что данная методика потенциально способна ослаблять влияние на организм определенных условий окружающей среды. В частности, в результате использования кровяного допинга ослабляется высотное воздействие, хотя, по мере роста высоты над уровнем моря, благоприятное влияние кровяного допинга ослабевает (107). Характер влияния стрессогенных факторов окружающей среды, таких как высокая или низкая температура, также может быть скорректирован посредством использования кровяного допинга. В условиях воздействия на организм высокой температуры, атлет сможет проще переносить влияние субмаксимальных нагрузок (63, 111-113). Увеличение объема крови, вызванное ростом общей массы эритроцитов, позволяет организму доставлять больше крови к коже, что способствует повышению эффективности терморегуляции, при этом не нарушая эффективность транспорта кислорода к работающей мускулатуре. Тем не менее, преимуществами от кровяного допинга, согласно текущим представлениям, смогут гораздо более эффективно пользоваться те атлеты, которые уже были приспособлены к действию высоких температур, при этом, преимущества от кровяного допинга с точки зрения атлетов, которые не были адаптированы к высоким температурам, будут носить слабо выраженный характер (112). Научное сообщество располагает гораздо меньшим объемом информации в части связи между использованием

кровяного допинга и переносимостью стресса в результате воздействия низких температур, и, хотя согласно теоретическим изысканиями, применение кровяного допинга должно давать благоприятный эффект, подобные методы могут в значительной степени повышать риск для здоровья (112).

Тема рисков для здоровья, которые связывают с использованием атлетами кровяного допинга, только укрепляет полемику и расхождения во мнениях, окружающих данную практику. В теории, высокий гематокрит (соотношение объемов форменных элементов и плазмы крови) может привести к росту риска острых нарушений кровообращения, таких как, к примеру, инсульт, инфаркт миокарда, тромбоз глубоких вен или эмболия легких. Результатом использования эритропоэтина может быть увеличение артериального давления, гриппозные симптомы и рост концентрации калия в плазме крови (113). В последнюю очередь следует отметить наличие рисков, связанных с процедурой внутривенного вливания в кровяное русло, хотя в большинстве случаев такой риск относительно невысок (113).

Генетический потенциал

Верхний предел выраженности адаптационных изменений как реакции на тренировочный процесс в значительной степени обусловлен наследственностью, т.е. генетическим потенциалом. Выраженность адаптационных изменений также зависит от текущего уровня подготовки человека. Адаптационные изменения в каждой из биологических систем, к примеру, в сердечно-сосудистой системе, имеют свой верхний предел, и по мере того, как организм атлета приближается к этому пределу, изменения будут носить все менее выраженный характер. Рассматривая спортсменов элитного уровня (к примеру, пловцов), можно отметить, что небольшого прироста работоспособности может быть достаточно для того, чтобы отделить золотого медалиста от пловца, занявшего 26-ое место. Таким образом, применительно к соревновательным выступлениям, в которых десятые или сотые доли секунды дают значительные различия, прирост в 0.05% от текущего уровня работоспособности стоит дополнительных усилий, затрачиваемых в ходе тренировочного процесса. В силу того, что даже небольшого прироста работоспособности у элитных атлетов можно добиться путем соответствующего тренинга, критически важными аспектами становятся эффективность разработанной программы тренинга и отслеживание текущего состояния атлета (26, 70, 77, 135).

Возраст и пол атлета

При занятиях тренингом, направленным на развитие аэробной выносливости, глубина адаптационных изменений на физиологическом уровне зависит от возраста и пола атлета (3, 131). У взрослых атлетов с возрастом снижается максимальная мощность

аэробной деятельности, что является следствием различных изменений на физиологическом уровне вслед за общим старением организма – к примеру, снижение мышечной массы и силы (что называют саркопенией) (79), а также рост массы жировых тканей (3, 78). Среднестатистически, при сравнении женщин и мужчин одного возраста, мощность аэробной деятельности у женщин составляет примерно от 73% до 85% от уровня мужчин (131). Тем не менее, в мужском и женском организме характер общих физиологических реакций в ответ на тренинг, по сути, аналогичен (84). Различия в мощности аэробной деятельности могут быть вызваны несколькими факторами, включая более высокий процент жировых тканей и более низкий уровень гемоглобина в крови у женщин, а также тем, что у мужчин более крупное сердце, и значительное объем крови, которым прокачивается сердцем за одно сокращение (13, 18).

Перетренированность: Определение, Частота случаев, Диагностика, и Потенциальные маркерные признаки

Повышение спортивной работоспособности выступающих атлетов посредством эффективно разработанных программ является критически важным аспектом успеха. Не меньшую важность с точки зрения успеха атлета в любом виде спорта несет условие адекватного восстановления после интенсивного тренинга, поскольку некачественное восстановление может приводить к **перетренированности** и вызывать развитие **синдрома перетренированности (СПТ / OTS – overtraining syndrome)** (28). Несмотря на то, что ученое сообщество располагает значительным объемом исследований в части СПТ, вокруг определения, а также методик оценки и устранения данного синдрома, по-прежнему ходит не мало споров (73, 121).

Недавно Европейский и Американский Колледжи Спортивной Медицины выпустили совместное заключение в части СПТ (92). В данном разделе Главы 6 представлено описание некоторых постулатов из указанного выше совместного заключения, в частности определение СПТ, а также описание потенциальных маркерных признаков и методик предотвращения.

Для эффективного анализа СПТ необходима общая, единообразная терминология. Рекомендации, которые даются в совместном заключении, основаны на работах Халсона (47) и Урхаузена (130). В определениях, которые представлены в указанных работах, перетренированность рассматривается как процесс (обозначаемый глаголом [*прим. перев. в английском языке*]), который в краткосрочной перспективе может привести к **переутомлению (функциональному переутомлению)** или экстремальному переутомлению (**нефункциональному переутомлению**) [НФПУ /

NFOR - nonfunctional overreaching]) или СПТ в долгосрочной перспективе. Каждое из указанных выше состояний вызывает снижение спортивной работоспособности, которое и является отличительной чертой перетренированности. В случае функционального переутомления, тренировочный процесс намеренно интенсифицируется с тем, чтобы вызвать краткосрочное падение работоспособности, а затем проводить восстановление в течение нескольких дней или недель. Результатом правильной комбинации данных мероприятий является суперкомпенсаторный прирост работоспособности. В качестве примера можно привести последнюю тренировку с максимальным уровнем нагрузки (собственно, вызывающей функциональное переутомление) за несколько недель до соревновательного выступления, после которой идет период постепенного предсоревновательного снижения нагрузки, что позволяет добиться повышения работоспособности. Нефункциональное переутомление характеризуется отсутствием прогресса или снижением спортивной работоспособности, при этом, атлетам требуется от нескольких недель до нескольких месяцев, чтобы вернуться к тому уровню работоспособности, который был достигнут ранее. Если атлет продолжает заниматься тренингом избыточной интенсивности без соответствующего восстановления, то нефункциональное переутомление может перейти в СПТ, который характеризуется снижением работоспособности, в этом случае атлету потребуется несколько месяцев на то, чтобы вернуться к прежней работоспособности. Изложенные выше определения, связанные с явлением перетренированности, представляют собой своеобразную последовательность этапов одного процесса, в рамках которого фактором, который запускает переход от функционального переутомления к СПТ, является непрерывный высокоинтенсивный тренинг с недостаточной длительностью периода восстановления. Несмотря на то, что количественными методами оценить распространенность случаев СПТ достаточно сложно, в рамках недавнего исследования (105) утверждается, что примерно у 10% (от 7% до 21%) пловцов уровня университетских команд, а также атлетов, занимающихся прочими видами спорта, которые связаны с аэробной выносливостью, наблюдается либо НФПУ, либо СПТ.

Синдром перетренированности может вызывать значительное снижение работоспособности у атлетов любых спортивных направлений; наиболее распространенной причиной СПТ является высокоинтенсивный тренинг при недостаточно качественном восстановлении.

Реакции сердечно-сосудистой системы

Увеличение объема тренинга, которое связывают с СПТ, может влиять на частоту сердечных сокращений. Весьма примечательно то, что в связи с состоянием СПТ частота сердечных сокращений в состоянии покоя может либо снижаться, либо повышаться (136). В связи с началом действия СПТ, диапазон вариативности ЧСС может сужаться, что свидетельствует об ослаблении стимуляции парасимпатических волокон или об избыточной стимуляции симпатической нервной системы. В результате перетренированности снижается максимальная частота сердечных сокращений физической (тренировочной) деятельности, а также ЧСС деятельности абсолютной субмаксимальной интенсивности (50). Увеличение объема тренинга за заданный период времени, которое связывают с перетренированностью, как правило, не влияет на кровяное давление в состоянии покоя. Тем не менее, повышение интенсивности тренинга может вызвать рост диастолического кровяного давления в состоянии покоя, при этом, не влияя на систолическое давление в состоянии покоя.

Изменения в организме на уровне биохимических реакций

Нехарактерно высокий объем тренинга может вызвать повышение концентрации креатинкиназы (КК), что свидетельствует о разрушении мускулатуры (30). С другой стороны, с увеличением объема тренинга концентрация лактата либо снижается, либо остается на том же уровне. Объем тренинга не оказывает влияния на липидный спектр крови и концентрации липопротеидов. В случае, когда состояние перетренированности действует на организм в течение длительных периодов, в мускулатуре наблюдается снижение объема гликогена, хотя подобное явление зачастую может быть вызвано диетологическими соображениями. В свою очередь, снижение уровня гликогена может способствовать ослаблению реакции со стороны концентрации лактата.

Реакции эндокринной системы

В качестве реакции на действие стимула в виде тренинга у мужчин после первоначального повышения снижается концентрация общего тестостерона; тем не менее, подобное явление следует рассматривать в качестве реакции на действие стимула, представленного нагрузкой, а не признака перетренированности (92). Концентрация свободного (несвязанного) тестостерона в некоторых случаях также может снижаться. Как представляется, в регуляции подобных изменений гипофиз не участвует, поскольку не меняется уровень лютеинизирующего гормона (129). По всей видимости, изменения в концентрации свободного тестостерона зависят от связывающей способности белков, поскольку не изменяется концентрация глобулина, связывающего половые гормоны (ГСПГ) (129). Таким образом, увеличение объема тренинга

может сопровождаться снижением величины отношения концентраций общего тестостерона к ГСПГ, что вызвано изменением уровня общего тестостерона.

Состояние баланса между анаболическими и катаболическими процессами в организме атлета можно численным образом оценить по отношению концентраций тестостерона к кортизолу, которое снижается или остается неизменным при увеличении объема тренинга. На концентрацию свободного тестостерона как компонента указанного выше отношения могут оказывать влияние физиологические процессы. Также имеются свидетельства того, что при увеличении тренировочного объема наблюдается снижение уровня свободного тестостерона на 5% - 50% в соотношении концентрации свободного тестостерона к концентрации кортизола. Возможным маркерным признаком СПТ является снижение величины данного соотношения на 30% или более.

Перетренированность характеризуется падением секреции гормона роста в гипофизе. Как представляется, этот и другие варианты реакций эндокринной системы на действие перетренированности как соответствующего стимула являются следствием нарушений в функции гипоталамуса, а не гипофиза. На текущий момент открытым для обсуждений остается вопрос - являются ли описанные выше изменения в работе эндокринной системы причиной снижения работоспособности? По всей видимости, концентрации свободного тестостерона, общего тестостерона, кортизола и креатинкиназы отражают лишь изменения в тренировочных объемах. Фактическая физическая работоспособность атлетов связана с уровнем общего тестостерона несистемным образом, т.е. не во всех случаях.

По всей видимости, концентрации катехоламинов демонстрируют очень прочную связь с действием перетренированности в качестве соответствующего стимула. Согласно имеющейся информации, базовые концентрации адреналина, норадреналина и дофамина в значительной степени связаны с уровнем стресса, который испытывают бегуны в связи с перетренированностью на основании их собственных оценок. В состоянии перетренированности, изменения в концентрациях катехоламинов и кортизола могут быть сильно связаны друг с другом, хотя следует учесть, что уровень кортизола не настолько чувствителен к увеличению объема тренинга, как уровень катехоламинов. Очень значительное и тяжело переносимое организмом увеличение объема тренинга может привести к понижению концентрации адреналина во время ночного сна, которая может возвращаться к базовому уровню. До начала тренировки или в состоянии покоя, концентрации адреналина и норадреналина являются неизменными либо повышенными. В состоянии перетренированности, работа с заданными абсолютным уровнем нагрузки приводит к повышению уровней адреналина и норадреналина

Каковы маркерные признаки аэробной перетренированности?

Если тот или иной параметр является надежным маркерным признаком начала синдрома перетренированности, то для такого параметра должны выполняться ряд описанных ниже критериев:

- Маркерный показатель должен быть чувствителен к тренировочной нагрузке.
- На уровень маркерного показателя не должны влиять иные факторы.
- Изменение величины маркерного показателя должно предшествовать началу развития синдрома перетренированности.
- Величину маркерного показателя можно точно измерить без использования сложных процедур.
- Процедура измерения величины маркерного показателя не должна быть глубоко инвазивной, (т.е. не должна предполагать глубокого проникновения через естественные внешние барьеры организма - кожу, слизистые оболочки).
- Процедура проведения замера маркерного показателя не должно быть дорогостоящей.

Представленные ниже параметры были определены в качестве потенциальных маркерных признаков, однако, ни один из них не удовлетворяет всем перечисленным выше критериям (92).

- Снижение работоспособности
- Снижение доли жировой массы
- Снижение максимального потребления кислорода
- Изменение кровяного давления
- Усиление мышечных болей
- Снижение запаса гликогена в мышцах
- Изменение частоты сердечных сокращений в состоянии покоя и сужение диапазона вариативности ЧСС
- Повышение ЧСС в ходе субмаксимальной тренировочной деятельности
- Снижение концентрации лактата
- Повышение концентрации креатинкиназы
- Изменение концентрации кортизола
- Снижение концентрации общего тестостерона
- Снижение величины соотношения концентрации общего тестостерона к концентрации кортизола
- Снижение величины соотношения концентрации свободного тестостерона к концентрации кортизола
- Снижение величины соотношения концентрации общего тестостерона к концентрации глобулина, связывающего половые гормоны
- Подавление тонуса симпатической нервной системы (снижение концентраций катехоламинов в состоянии покоя и во время ночного сна)
- Усиление стрессовой реакции со стороны симпатической нервной системы
- Изменения (скачки) настроения
- Снижение скорости психомоторных реакций на основании результатов соответствующих тестов

относительно тех концентраций, которые наблюдались у атлета до наступления указанного состояния, хотя при этом максимальные концентрации адреналина и норадреналина остаются неизменными. При работе с тренировочными объемами, вызывающими перетренированность, снижается базовый уровень дофамина, равно как и концентрация дофамина при той же абсолютной рабочей нагрузке. В рамках деятельности субмаксимального характера, варианты реакций со стороны концентрации дофамина различны, однако, как представляется, их характер таков, что организм

с их помощью противодействует изменениям концентрации норадреналина. Несмотря на то, что подобная ситуация сложно поддается описанию, перетренированность как состояние, вызванное очень значительным объемом тренинга у атлетов, занимающихся развитием аэробной выносливости, приводит к тому что в реакциях парасимпатической нервной системы начинают наблюдаться признаки СПТ, включая снижение чувствительности к действию катехоламинов, что может привести к дальнейшему развитию тяжелых случаев СПТ.

Стратегии, направленные на предотвращение синдрома перетренированности

Синдром перетренированности представляет собой накопление последствий действия стрессогенных факторов, при этом, основной причиной является повышение интенсивности тренинга, которая не подкрепляется достаточным восстановлением (92). Однако, в число прочих факторов, способствующих возникновению перетренированности, среди прочих, входят: недосыпание, воздействие окружающей среды (высокая или низкая температура среды, высота над уровнем моря, загрязнение окружающей среды), сложности межличностного общения и переезд в другое место жительства. Несмотря на то, что вокруг точного определения СПТ по-прежнему ходят споры, атлеты и тренеры могут использовать совершенно определенные стратегии, направленные на предотвращение СПТ.

Эффективная тактика предотвращения СПТ характеризуется правильным и полноценным питанием, а также достаточной продолжительностью сна и периодов восстановления. Тренерам следует установить контроль над ходом процесса тренинга атлета в рамках соответствующей программы, при этом сама программа должна обязательным образом характеризоваться варьированием таких показателей, как интенсивность и объем тренинга. Точная запись результатов тренировок атлета также может указать на момент начала действия маркерного признака СПТ, что позволяет провести ранние корректировки в тренировочном процессе. Что более важно, атлеты должны иметь возможность обратиться к команде спортивных медиков, в состав которой должны входить специалисты по различным направлениям (терапевт, физиолог, диетолог и психолог) для того, чтобы спортсмен в любой момент мог сообщить о беспокойстве по тому или иному поводу; наличие подобной возможности также позволяет получить информацию, располагая которой, специалисты смогут выявить СПТ на ранних стадиях и провести соответствующие корректировки (92).

Детренированность

Детренированность – это частичная или полная потеря тренировочных адаптационных изменений в качестве реакции на недостаточность воздействия тренировочного стимула (95, 96). Явление детренированности подчиняется принципу обратимости изменений, вызванных действием тренировочного процесса. Данный принцип формулируется следующим образом: несмотря на то, что занятия физической подготовкой вызывают в организме ответные адаптационные изменения на физиологическом уровне, которые приводят к повышению спортивной работоспособности атлета, полная отмена или выраженное снижение тренировочного воздействия приводит к частичному или полному реверсированию (т.е. протеканию в обратном направлении, обратной динамике)

процесса адаптационных изменений, что вызывает снижение работоспособности. При этом, необходимо логически отделять прекращение процесса тренинга, вызывающее обратную динамику адаптационных изменений, от предсоревновательного снижения нагрузки. Такое снижение нагрузки (как правило, по продолжительности и частоте, но не интенсивности) проводится перед соревновательными выступлениями или в рамках планового восстановительного микроцикла. Данный тип сокращения объема тренинга призван способствовать протеканию благоприятных адаптационных изменений и росту работоспособности.

Адаптационные изменения в направлении аэробной выносливости наиболее чувствительны к периодам отсутствия активности в силу особенностей работы ферментов. Точные механизмы, которые протекают на клеточном уровне и обуславливают наступление изменений в связи с детренированностью атлета на текущий момент неизвестны, требуется проведение более глубоких клинических исследований для того, чтобы выявить физиологические изменения, лежащие в основе этого процесса. Две обзорных статьи (95, 96) посвящены вопросам анализа факторов, влияющих на аэробную работоспособность атлетов, при этом, наиболее важным из них является МПК, а также факторы, которые непосредственно определяют МПК (объемная скорость кровотока сердца и артериовенозная разница по кислороду), а также влияние детренированности. Авторы проводят анализ влияния детренированности в краткосрочной (4 недели) (95) и долгосрочной перспективе (более 4 недель) (96). У высокотренированных атлетов, максимальное потребление кислорода в результате детренированности снижается на 4% - 14% в краткосрочной (22, 90) и на 6% - 20% в долгосрочной перспективе (21, 25, 90). Падение уровня МПК, прежде всего, вызвано снижением общего объема крови (20), снижением ударного объема сердца (20, 21), снижением максимальной объемной скорости кровотока (20, 21), и повышением частоты сердечных сокращений в ходе деятельности субмаксимального характера (20, 23, 25, 89). Снижение МПК свидетельствует о падении работоспособности атлета в привязке к аэробной выносливости (20, 21, 23, 25, 60, 89).

Правильное использование принципа варьирования упражнений и интенсивности деятельности, а также циклов, направленных на активное восстановление и сохранение достигнутого уровня работоспособности в рамках программы тренинга может являться мерой, позволяющей защитить организм атлета от серьезных последствий, вызванных состоянием детренированности (29).

Заключение

Выполнение упражнений, развивающих аэробную выносливость, вызывает в организме множество выраженных ответных реакций со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем, а тренировочный процесс, построенный на основе указанных упражнений аэробного характера, приводит к тому, что в организме начинают протекать множество системных адаптационных процессов. Подобная информация может иметь особенно важное значение с точки зрения определения задач в процессе разработки программы кондиционной подготовки, а также являться базисом для клинических оценок и выбора параметров, которые следует использовать в ходе проведения подобных оценок. Понимание характера реакций со стороны сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной систем, а также со стороны мышечной, костной и соединительной тканей в ответ на аэробный тренинг может помочь профессионалу в области силовой и кондиционной подготовки понять научные принципы, лежащие в основании аэробного тренинга и адаптационных изменений, которые следует ожидать и отслеживать в ходе такого тренинга. В организме протекают те адаптационные изменения, которые вызваны действием соответствующего узкоспециального тренировочного стимула. Оптимальный характер адаптаций свидетельствует о правильном подходе к разработке программы, четкой реализации и эффективности такой программы, которая направлена на развитие силовых и кондиционных возможностей атлетов.

Ключевые термины

Альвеолы	Кровяной допинг	Произведение ЧСС на давление
Анатомическое мертвое пространство	Максимальная частота сердечных сокращений	Синдром перетренированности (СПТ)
Артериовенозная разница по кислороду	Максимальное потребление кислорода	Систола
Брадикардия	Метаболический эквивалент (МЕТ)	Систолическое кровяное давление
Вазодилатация	Механизм Франка-Старлинга	Среднее артериальное давление
Вазоконстрикция	Минутный объем дыхания	Ударный объем сердца
Венозный возврат	Миоглобин	Уравнение Фика
Гипервентиляция	Митохондрия	Физиологическое мертвое пространство
Гипероксическое дыхание	Нефункциональное переутомление	Фракция выброса левого желудочка
Двойное произведение	Объемная скорость кровотока сердца	Функциональное переутомление
Детренированность	Перетренированность	Частота сердечных сокращений
Диастола	Переутомление	Эритропоэтин (ЕРО) _о
Диастолическое кровяное давление	Потребление кислорода	
Диффузия	Предсоревновательное снижение нагрузки	
Дыхательный объем		
Дыхательный эквивалент		
Конечно-диастолический объем крови		

Вопросы для закрепления материала

- 17 летний бегун по пересеченной местности, который учится в старших классах, в качестве подготовки к предстоящему соревновательному сезону занимался аэробным тренингом в течение 6 месяцев. Какое из указанных адаптационных изменений будет наблюдаться в его мускулатуре во время указанного периода подготовки?
 - повышение концентрации гликолитических ферментов
 - гиперплазия волокон Типа II
 - преобразование волокон Типа I в волокна Типа II
 - гипертрофия волокон Типа I
- Объем крови, который выходит из левого желудочка с каждым сокращением сердца называется
 - объемной скоростью кровотока сердца
 - артериовенозной разницей по кислороду
 - частотой сердечных сокращений
 - ударным объемом сердца
- Какой из перечисленных ниже параметров, как правило, НЕ ПОВЫШАЕТСЯ в ходе аэробной тренировки?
 - конечно-диастолический объем (крови)
 - сократимость сердечной мышцы
 - объемная скорость кровотока сердца
 - диастолическое кровяное давление
- Среднее артериальное давление это
 - среднее кровяное давление на протяжении цикла деятельности сердца
 - среднеарифметическое от величин систолического и диастолического кровяного давления
 - среднее систолическое кровяное давление в ходе тренировки
 - среднеарифметическое от кровяного давления и частоты сердечных сокращений
- Основными видами адаптационных изменений, наблюдаемых у атлетов, обладающих элитным уровнем подготовки в привязке к аэробной выносливости, являются:
 - более высокое максимальное потребление кислорода
 - сниженная концентрация лактата в крови
 - более выраженная экономизация беговой двигательной деятельности
 - сниженная плотность капиллярной сети
 - только I и III
 - только II и IV
 - I, II, и III
 - II, III, и IV

Список использованной литературы

1. Andersen, P. Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiol Scand* 95:203-205, 1975.
2. Andersen, P, and Henriksson, J. Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibres. *Acta Physiol Scand* 99:123-125, 1977.
3. Astrand, PO. Physical performance as a function of age. *JAMA* 205:729-733, 1968.
4. Astrand, PO, Cuddy, TE, Saltin, B, and Stenberg, J. Cardiac output during submaximal and maximal work. *J Appl Physiol* 19:268-274, 1964.
5. Åstrand, PO, Rodahl, K, Dahl, HA, and Strømme, SB. *Textbook of Work Physiology: Physiological Basis of Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics, 313-368, 2003.
6. Barcroft, H, and Swan, HJC. Sympathetic control of human blood vessels. *California Medicine* 79:337, 1953.
7. Beck, KC, and Johnson, BD. Pulmonary adaptations to dynamic exercise. In *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 305-313, 1998.
8. Blaauw, B, Schiaffino, S, and Reggiani, C. Mechanisms modulating skeletal muscle phenotype. *Compr Physiol* 3:1645-1687, 2013.
9. Bompa, TO, and Haff, GG. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 156-160, 2009.
10. Borer, KT. Physical activity in the prevention and amelioration of osteoporosis in women: Interaction of mechanical, hormonal and dietary factors. *Sports Med* 35:779-830, 2005.
11. Borresen, J, and Lambert, MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise: Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med* 38:633-646, 2008.
12. Boudenot, A, Presle, N, Uzbekov, R, Toumi, H, Pallu, S, and Lespes-sailles, E. Effect of interval-training exercise on subchondral bone in a chemically-induced osteoarthritis model. *Osteoarthritis Cartilage* 22:1176-1185, 2014.
13. Brooks, GA, Fahey, TD, and Baldwin, KM. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. 4th ed. Mountain View, CA: Mayfield, 2004.
14. Buchheit, M, and Laursen, PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: Cardiopulmonary emphasis. *Sports Med* 43:313-338, 2013.
15. Buckwalter, JA. Osteoarthritis and articular cartilage use, disuse, and abuse: Experimental studies. *J Rheumatol Suppl* 43:13-15, 1995.
16. Burke, LM, Hawley, JA, Wong, SH, and Jeukendrup, AE. Carbohydrates for training and competition. *J Sports Sci* 29(Suppl 1):S17-S27, 2011.
17. Callister, R, Shealy, MJ, Fleck, SJ, and Dudley, GA. Performance adaptations to sprint, endurance and both modes of training. *J Appl Sport Sci Res* 2:46-51, 1988.
18. Charkoudian, N, and Joyner, MJ. Physiologic considerations for exercise performance in women. *Clin Chest Med* 25:247-255, 2004.
19. Costill, DL, Daniels, J, Evans, W, Fink, W, Krahenbuhl, G, and Saltin, B. Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *J Appl Physiol* 40:149-154, 1976.
20. Coyle, EF, Hemmert, MK, and Coggan, AR. Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: Role of blood volume. *J Appl Physiol* 60:95-99, 1986.
21. Coyle, EF, Martin, WH, Bloomfield, SA, Lowry, OH, and Holloszy, JO. Effects of detraining on responses to submaximal exercise. *J Appl Physiol* 59:853-859, 1985.
22. Coyle, EF, Martin, WH, Sinacore, DR, Joyner, MJ, Hagberg, JM, and Holloszy, JO. Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 57:1857-1864, 1984.
23. Drinkwater, BL, and Horvath, SM. Detraining effects on young women. *Medicine and Science in Sports* 4:91-95, 1972.
24. Durstine, JL, and Davis, PG. Specificity of exercise training and testing. In *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 472-479, 1998.
25. Fardy, PS. Effects of soccer training and detraining upon selected cardiac and metabolic measures. *Res Q* 40:502-508, 1969.
26. Fardy, PS. Training for aerobic power. In *Toward an Understanding of Human Performance*. Burke, EJ, ed. Ithaca, NY: Movement, 10-14, 1977.
27. Fink, WJ, Costill, DL, and Pollock, ML. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners: Part II. Muscle fiber composition and enzyme activities. *Ann N Y Acad Sci* 301:323-327, 1977.
28. Fleck, SJ, and Kraemer, WJ. The overtraining syndrome. *NSCA J* 4:50-51, 1982.
29. Fleck, SJ, and Kraemer, WJ. *Periodization Breakthrough: The Ultimate Training System*. Ronkonkoma, NY: Advanced Research Press, 1996.
30. Flynn, MG, Pizza, FX, Boone, JB, Jr., Andres, FF, Michaud, TA, and Rodriguez-Zayas, JR. Indices of training stress during competitive running and swimming seasons. *Int J Sports Med* 15:21-26, 1994.
31. Franch, J, Madsen, K, Djurhuus, MS, and Pedersen, PK. Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sports Exerc* 30:1250-1256, 1998.
32. Franklin, BA. Normal cardiorespiratory responses to acute exercise. In *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 137-145, 1998.
33. Franklin, BA, and Roitman, JL. Cardiorespiratory adaptations to exercise. In *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 146-155, 1998.
34. Frost, HM. Why do marathon runners have less bone than weight lifters? A vital-biomechanical view and explanation. *Bone* 20:183-189, 1997.
35. Fry, AC, and Kraemer, WJ. Resistance exercise overtraining and overreaching: Neuroendocrine responses. *Sports Med* 23:106-129, 1997.
36. Fry, AC, Kraemer, WJ, and Ramsey, LT. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *J Appl Physiol* 85:2352-2359, 1998.

37. Gaesser, GA, and Wilson, LA. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance time relationship for high-intensity exercise. *Int J Sports Med* 9:417-421, 1988.
38. Galbo, H. Endocrinology and metabolism in exercise. *Curr Probl Clin Biochem* 11:26-44, 1982.
39. Galbo, H. *Hormonal and Metabolic Adaptation to Exercise*. New York: Thieme-Stratton, 1983.
40. Gibala, MJ, and Mcgee, SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev* 36:58-63, 2008.
41. Gollnick, PD. Relationship of strength and endurance with skeletal muscle structure and metabolic potential. *Int J Sports Med* 3(Suppl 1):26-32, 1982.
42. Gollnick, PD, Armstrong, RB, Saltin, B, Saubert, CWT, Sembrowich, WL, and Shepherd, RE. Effect of training on enzyme activity and fiber composition of human skeletal muscle. *J Appl Physiol* 34:107-111, 1973.
43. Gollnick, PD, Armstrong, RB, Saubert, CWT, Piehl, K, and Saltin, B. Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Appl Physiol* 33:312-319, 1972.
44. Gonzalez-Alonso, J, Mortensen, SP, Jeppesen, TD, Ali, L, Barker, H, Damsgaard, R, Secher, NH, Dawson, EA, and Dufour, SP. Haemodynamic responses to exercise, ATP infusion and thigh compression in humans: Insight into the role of muscle mechanisms on cardiovascular function. *J Physiol* 586:2405-2417, 2008.
45. Green, HJ, Jones, LL, and Painter, DC. Effects of short-term training on cardiac function during prolonged exercise. *Med Sci Sports Exerc* 22:488-493, 1990.
46. Guyton, AC, and Hall, JE. *Textbook of Medical Physiology*. 10th ed. Philadelphia: Saunders, 101-114, 2000.
47. Halson, SL, and Jeukendrup, AE. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med* 34:967-981, 2004.
48. Harber, M, and Trappe, S. Single muscle fiber contractile properties of young competitive distance runners. *J Appl Physiol* 105:629-636, 2008.
49. Havenith, G, and Holewijn, M. Environmental considerations: Altitude and air pollution. In *ACSM's American College of Sports Medicine Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 215-222, 1998.
50. Hedelin, R, Kentta, G, Wiklund, U, Bjerle, P, and Henriksson-Larsen, K. Short-term overtraining: Effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Med Sci Sports Exerc* 32:1480-1484, 2000.
51. Hermansen, L, and Wachtlova, M. Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *J Appl Physiol* 30:860-863, 1971.
52. Hickson, RC. Skeletal muscle cytochrome c and myoglobin, endurance, and frequency of training. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 51:746-749, 1981.
53. Hickson, RC, Bomze, HA, and Holloszy, JO. Linear increase in aerobic power induced by a strenuous program of endurance exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 42:372-376, 1977.
54. Hickson, RC, Dvorak, BA, Gorostiaga, EM, Kurowski, TT, and Foster, C. Potential for strength and endurance training to amplify endurance performance. *J Appl Physiol* 65:2285-2290, 1988.
55. Hickson, RC, Hagberg, JM, Ehsani, AA, and Holloszy, JO. Time course of the adaptive responses of aerobic power and heart rate to training. *Med Sci Sports Exerc* 13:17-20, 1981.
56. Holloszy, JO. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. *Med Sci Sports* 7:155-164, 1975.
57. Holloszy, JO. Biochemical adaptations in muscle: Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme activity in skeletal muscle. *J Biol Chem* 242:2278-2282, 1967.
58. Holloszy, JO. Regulation by exercise of skeletal muscle content of mitochondria and GLUT4. *J Physiol Pharmacol* 59(Suppl 7):5-18, 2008.
59. Holloszy, JO, Kohrt, WM, and Hansen, PA. The regulation of carbo-hydrate and fat metabolism during and after exercise. *Front Biosci* 3:D1011-D1027, 1998.
60. Houston, ME, Bentzen, H, and Larsen, H. Interrelationships between skeletal muscle adaptations and performance as studied by detraining and retraining. *Acta Physiol Scand* 105:163-170, 1979.
61. Howald, H. Training-induced morphological and functional changes in skeletal muscle. *Int J Sports Med* 3:1-12, 1982.
62. Jones, AM, and Carter, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. *Sports Med* 29:373-386, 2000.
63. Jones, M, and Tunstall Pedoe, DS. Blood doping—a literature review. *Br J Sports Med* 23:84-88, 1989.
64. Joseph, V, and Pequignot, JM. Breathing at high altitude. *Cell Mol Life Sci* 66:3565-3573, 2009.
65. Kim, V, and Criner, GJ. Chronic bronchitis and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 187:228-237, 2013.
66. Kiviranta, I, Tammi, M, Jurvelin, J, Arokoski, J, Saamanen, AM, and Helminen, HJ. Articular cartilage thickness and glycosaminoglycan distribution in the canine knee joint after strenuous running exercise. *Clin Orthop Relat Res*:302-308, 1992.
67. Kiviranta, I, Tammi, M, Jurvelin, J, Saamanen, AM, and Helminen, HJ. Moderate running exercise augments glycosaminoglycans and thickness of articular cartilage in the knee joint of young beagle dogs. *J Orthop Res* 6:188-195, 1988.
68. Konopka, AR, and Harber, MP. Skeletal muscle hypertrophy after aerobic exercise training. *Exerc Sport Sci Rev* 42:53-61, 2014.
69. Kraemer, WJ, and Baechle, TR. Development of a strength training program. In *Sports Medicine*. Allman, FL, and Ryan, AJ, eds. Orlando, FL: Academic Press, 113-127, 1989.
70. Kraemer, WJ, and Fleck, SJ. Aerobic metabolism, training, and evaluation. *NSCA J* 5:52-54, 1982.
71. Kraemer, WJ, Fry, AC, Warren, BJ, Stone, MH, Fleck, SJ, Kearney, JT, Conroy, BP, Maresh, CM, Weseman, CA, Triplett, NT, et al. Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *Int J Sports Med* 13:103-109, 1992.
72. Kraemer, WJ, Marchitelli, L, Gordon, SE, Harman, E, Dziados, JE, Mello, R, Frykman, P, McCurry, D, and Fleck, SJ. Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *J Appl Physiol* 69:1442-1450, 1990.
73. Kraemer, WJ, and Nindl, BC. Factors involved with overtraining for strength and power. In *Overtraining in Sport*. Kreider, RB, Fry, AC, and O'Toole, ML, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 69-86, 1998.
74. Kraemer, WJ, Patton, JF, Knuttgen, HG, Marchitelli, LJ, Cruthirds, C, Damokosh, A, Harman, E, Frykman, P, and Dziados, JE. Hypo-thalamic-pituitary-adrenal responses to short-duration high-intensity cycle exercise. *J Appl Physiol* 66:161-166, 1989.

75. Kraemer, WJ, and Ratamess, NA. Endocrine responses and adaptations to strength training. In *The Encyclopedia of Sports Medicine: Strength and Power in Sport*. Komi, PV, ed. Malden, MA: Blackwell Scientific, 361-386, 1992.
76. Kraemer, WJ, Volek, JS, and Fleck, SJ. Chronic musculoskeletal adaptations to resistance training. In *ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Roitman, JL, ed. Baltimore: Williams and Wilkins, 174-181, 1998.
77. Kuipers, H, and Keizer, HA. Overtraining in elite athletes: Review and directions for the future. *Sports Med* 6:79-92, 1988.
78. Kyle, UG, Genton, L, Hans, D, Karsegard, L, Slosman, DO, and Pichard, C. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr* 55:663-672, 2001.
79. Landi, F, Marzetti, E, Martone, AM, Bernabei, R, and Onder, G. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 17:25-31, 2014.
80. Laursen, PB. Training for intense exercise performance: High-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports* 20(Suppl 2):1-10, 2010.
81. Lehmann, MJ, Lormes, W, Opitz-Gress, A, Steinacker, JM, Netzer, N, Foster, C, and Gastmann, U. Training and overtraining: An overview and experimental results in endurance sports. *J Sports Med Phys Fitness* 37:7-17, 1997.
82. Lemon, PW, and Nagle, FJ. Effects of exercise on protein and amino acid metabolism. *Med Sci Sports Exerc* 13:141-149, 1981.
83. Lester, M, Sheffield, LT, Trammell, P, and Reeves, TJ. The effect of age and athletic training on the maximal heart rate during muscular exercise. *Am Heart J* 76:370-376, 1968.
84. Lewis, DA, Kamon, E, and Hodgson, JL. Physiological differences between genders: Implications for sports conditioning. *Sports Med* 3:357-369, 1986.
85. Louie, D. The effects of cigarette smoking on cardiopulmonary function and exercise tolerance in teenagers. *Can Respir J* 8:289-291, 2001.
86. Lovasi, GS, Diez Roux, AV, Hoffman, EA, Kawut, SM, Jacobs, DR, Jr., and Barr, RG. Association of environmental tobacco smoke exposure in childhood with early emphysema in adulthood among nonsmokers: The MESA-lung study. *Am J Epidemiol* 171:54-62, 2010.
87. Luger, A, Deuster, PA, Kyle, SB, Gallucci, WT, Montgomery, LC, Gold, PW, Loriaux, DL, and Chrousos, GP. Acute hypothalamic-pituitary-adrenal responses to the stress of treadmill exercise: Physiologic adaptations to physical training. *N Engl J Med* 316:1309-1315, 1987.
88. Lundback, B, Lindberg, A, Lindstrom, M, Ronmark, E, Jonsson, AC, Jonsson, E, Larsson, LG, Andersson, S, Sandstrom, T, and Larsson, K. Not 15 but 50% of smokers develop COPD? Report from the Obstructive Lung Disease in Northern Sweden Studies. *Respir Med* 97:115-122, 2003.
89. Madsen, K, Pedersen, PK, Djurhuus, MS, and Klitgaard, NA. Effects of detraining on endurance capacity and metabolic changes during prolonged exhaustive exercise. *J Appl Physiol* 75:1444-1451, 1993.
90. Martin, WH, Coyle, EF, Bloomfield, SA, and Ehsani, AA. Effects of physical deconditioning after intense endurance training on left ventricular dimensions and stroke volume. *J Am Coll Cardiol* 7:982-989, 1986.
91. McArdle, WD, Katch, FI, and Katch, VI. *Exercise Physiology*. Philadelphia: Lea and Febiger, 2014.
92. Meeusen, R, Duclos, M, Foster, C, Fry, A, Gleeson, M, Nieman, D, Raglin, J, Rietjens, G, Steinacker, J, and Urhausen, A. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 45:186-205, 2013.
93. Moreno, AH, Burchell, AR, Van Der Woude, R, and Burke, JH. Respiratory regulation of splanchnic and systemic venous return. *Am J Physiol* 213:455-465, 1967.
94. Morgan, T, Cobb, L, Short, F, Ross, R, and Gunn, D. Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria. In *Muscle Metabolism During Exercise*. Pernow, B, and Saltin, B, eds. New York: Plenum Press, 87-95, 1971.
95. Mujika, I, and Padilla, S. Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations: Part I. Short term insufficient training stimulus. *Sports Med*. 30:79-87, 2000.
96. Mujika, I, and Padilla, S. Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations: Part II. Long term insufficient training stimulus. *Sports Med*. 30:145-154, 2000.
97. Muza, SR, Sawka, MN, Young, AJ, Dennis, RC, Gonzalez, RR, Martin, JW, Pandolf, KB, and Valeri, CR. Elite special forces: Physiological description and ergogenic influence of blood reinfusion. *Aviat Space Environ Med* 58:1001-1004, 1987.
98. Oettmeier, R, Arokoski, J, Roth, AJ, Helminen, HJ, Tammi, M, and Abendroth, K. Quantitative study of articular cartilage and sub-chondral bone remodeling in the knee joint of dogs after strenuous running training. *J Bone Miner Res* 7(Suppl 2):S419-S424, 1992.
99. Ogawa, T, Spina, RJ, Martin, WH, Kohrt, WM, Schechtman, KB, Holloszy, JO, and Ehsani, AA. Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation* 86:494-503, 1992.
100. Oliveira, CD, Bairros, AV, and Yonamine, M. Blood doping: Risks to athletes' health and strategies for detection. *Subst Use Misuse* 49:1168-1181, 2014.
101. Papathanasiou, G, Georgakopoulos, D, Georgoulidis, G, Spyropoulos, P, Perrea, D, and Evangelou, A. Effects of chronic smoking on exercise tolerance and on heart rate-systolic blood pressure product in young healthy adults. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 14:646-652, 2007.
102. Pette, D, and Staron, RS. Transitions of muscle fiber phenotypic profiles. *Histochem Cell Biol* 115:359-372, 2001.
103. Ploutz-Snyder, LL, Simoneau, JA, Gilders, RM, Staron, RS, and Hagerman, FC. Cardiorespiratory and metabolic adaptations to hyperoxic training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 73:38-48, 1996.
104. Pollock, ML. Submaximal and maximal working capacity of elite distance runners: Part I. Cardiorespiratory aspects. *Ann N Y Acad Sci* 301:310-322, 1977.
105. Raglin, J, and Wilson, G. Overtraining and staleness in athletes. In *Emotions in Sports*. Hanin, YL, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 191-207, 2000.
106. Rankinen, T, Sung, YJ, Sarzynski, MA, Rice, TK, Rao, DC, and Bouchard, C. Heritability of submaximal exercise heart rate response to exercise training is accounted for by nine SNPs. *J Appl Physiol* 112:892-897, 2012.
107. Robertson, RJ, Gilcher, R, Metz, KF, Skrinar, GS, Allison, TG, Bahnson, HT, Abbott, RA, Becker, R, and Falkel, JE. Effect of induced erythrocythemia on hypoxia tolerance during physical exercise. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol* 53:490-495, 1982.
108. Sale, DG. Influence of exercise and training on motor unit activation. *Exerc Sport Sci Rev* 15:95-151, 1987.

109. Saltin, B, Blomqvist, G, Mitchell, JH, Johnson, RL, Jr., Wildenthal, K, and Chapman, CB. Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation* 38:1-78, 1968.
110. Saltin, B, Nazar, K, Costill, D.L, Stein, E, Jansson, E, Essen, B, and Gollnick, D. The nature of the training response: Peripheral and central adaptations of one-legged exercise. *Acta Physiol Scand* 96:289-305, 1976.
111. Sawka, MN, Dennis, RC, Gonzalez, RR, Young, AJ, Muza, SR, Martin, JW, Wenger, CB, Francesconi, RP, Pandolf, KB, and Valeri, CR. Influence of polycythemia on blood volume and thermoregulation during exercise-heat stress. *J Appl Physiol* 62:912-918, 1987.
112. Sawka, MN, Gonzalez, RR, Young, AJ, Muza, SR, Pandolf, KB, Latzka, WA, Dennis, RC, and Valeri, CR. Polycythemia and hydration: Effects on thermoregulation and blood volume during exercise-heat stress. *Am J Physiol* 255:R456-R463, 1988.
113. Sawka, MN, Joyner, MJ, Miles, DS, Robertson, RJ, Spriet, LL, and Young, AJ. American College of Sports Medicine position stand: The use of blood doping as an ergogenic aid. *Med Sci Sports Exerc* 28:i-viii, 1996.
114. Seene, T, Alev, K, Kaasik, P, Pehme, A, and Parring, AM. Endurance training: Volume-dependent adaptational changes in myosin. *Int J Sports Med* 26:815-821, 2005.
115. Silverman, HG, and Mazzeo, RS. Hormonal responses to maximal and submaximal exercise in trained and untrained men of various ages. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 51:B30-B37, 1996.
116. Skoluda, N, Dettenborn, L, Stalder, T, and Kirschbaum, C. Elevated hair cortisol concentrations in endurance athletes. *Psychoneuroendocrinology* 37:611-617, 2012.
117. Sperlich, B, Zinner, C, Krueger, M, Wegrzyk, J, Achtzehn, S, and Holmberg, HC. Effects of hyperoxia during recovery from 5x30-s bouts of maximal-intensity exercise. *J Sports Sci* 30:851-858, 2012.
118. Sperlich, B, Zinner, C, Krueger, M, Wegrzyk, J, Mester, J, and Holmberg, HC. Ergogenic effect of hyperoxic recovery in elite swimmers performing high-intensity intervals. *Scand J Med Sci Sports* 21:e421-e429, 2011.
119. Staff, PH. The effects of physical activity on joints, cartilage, tendons and ligaments. *Scand J Soc Med Suppl* 29:59-63, 1982.
120. Staton, GW. Chronic obstructive diseases of the lung. In *ACP Medicine*. Dale, DC, and Federman, DD, eds. New York: WebMD Professional, 2720-2743, 2007.
121. Stone, MH, Keith, RE, Kearney, JT, Fleck, SJ, Wilson, GD, and Triplett, NT. Overtraining: A review of the signs, symptoms and possible causes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 5:35-50, 1991.
122. Tamaki, H, Kitada, K, Akamine, T, Murata, F, Sakou, T, and Kurata, H. Alternate activity in the synergistic muscles during prolonged low-level contractions. *J Appl Physiol* 84:1943-1951, 1998.
123. Tanaka, H, Monahan, KD, and Seals, DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 37:153-156, 2001.
124. Tipton, KD, and Wolfe, RR. Exercise-induced changes in protein metabolism. *Acta Physiol Scand* 162:377-387, 1998.
125. Tomlin, DL, and Wenger, HA. The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports Med* 31:1-11, 2001.
126. Trappe, S, Harber, M, Creer, A, Gallagher, P, Slivka, D, Minchev, K, and Whitsett, D. Single muscle fiber adaptations with marathon training. *J Appl Physiol* 101:721-727, 2006.
127. Triplett-McBride, NT, Mastro, AM, McBride, JM, Bush, JA, Putukian, M, Sebastianelli, WJ, and Kraemer, WJ. Plasma proenkephalin peptide F and human B cell responses to exercise stress in fit and unfit women. *Peptides* 19:731-738, 1998.
128. Tuna, Z, Güzel, NA, Aral, AL, Elbeg, S, Özer, C, Erikoglu, G, Atak, A, and Pinar, L. Effects of an acute exercise up to anaerobic threshold on serum anabolic and catabolic factors in trained and sedentary young males. *Gazi Med J* 25:47-51, 2014.
129. Urhausen, A, Gabriel, H, and Kindermann, W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med* 20:251-276, 1995.
130. Urhausen, A, and Kindermann, W. Diagnosis of overtraining: What tools do we have? *Sports Med* 32:95-102, 2002.
131. Vogel, JA, Patton, JF, Mello, RP, and Daniels, WL. An analysis of aerobic capacity in a large United States population. *J Appl Physiol* 60:494-500, 1986.
132. Vollaard, NB, Constantin-Teodosiu, D, Fredriksson, K, Rooyackers, O, Jansson, E, Greenhaff, PL, Timmons, JA, and Sundberg, CJ. Systematic analysis of adaptations in aerobic capacity and submaximal energy metabolism provides a unique insight into determinants of human aerobic performance. *J Appl Physiol* 106:1479-1486, 2009.
133. Wilkinson, SB, Phillips, SM, Atherton, PJ, Patel, R, Yarasheski, KE, Tarnopolsky, MA, and Rennie, MJ. Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *J Physiol* 586:3701-3717, 2008.
134. Wilson, JM, Loenneke, JP, Jo, E, Wilson, GJ, Zourdos, MC, and Kim, JS. The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting. *J Strength Cond Res* 26:1724-1729, 2012.
135. Wilt, F. Training for competitive running. In *Exercise Physiology*. Fall, HB, ed. New York: Academic Press, 395-414, 1968.
136. Wyatt, FB, Donaldson, A, and Brown, E. The overtraining syndrome: A meta-analytic review. *J Exerc Physiol Online* 16:12-23, 2013.
137. Zhou, B, Conlee, RK, Jensen, R, Fellingham, GW, George, JD, and Fisher, AG. Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 33:1849-1854, 2001.
138. Zouhal, H, Jacob, C, Delamarche, P, and Gratas-Delamarche, A. Catecholamines and the effects of exercise, training and gender. *Sports Med* 38:401-423, 2008.



ГЛАВА 14

Разминка и тренинг на развитие гибкости

Автор главы Йен Джеффрис, Доктор Наук

▶ После прочтения этой главы вы сможете:

- Дать описание основных составляющих и преимуществ разминки;
- Определить структуру эффективной разминки;
- Определить аспекты, которые оказывают влияние на гибкость человека;
- Использовать упражнения на развитие гибкости, которые позволят атлету использовать механизм проприоцептивного нервно-мышечного упрощения; и
- Выбирать и применять методики статической и динамической растяжки, которые отвечают требованиям конкретных задач, стоящих перед атлетами.

Данная глава посвящена изучению двух фундаментальных вопросов, а именно, разминке и тренингу, направленному на развитие гибкости. Несмотря на то, что два указанных аспекта, зачастую, тесно связаны друг с другом, важно понимать различия между ними, поскольку они выполняют две совершенно разные и при этом основополагающие функции. Разминка предназначена для того, чтобы подготовить организм атлета к предстоящей тренировке или соревновательному выступлению, разминка способна повысить работоспособность, одновременно снижая потенциальный риск получения травмы. В данной главе рассматриваются задачи, стоящие перед атлетом в ходе разминки, даются рекомендации в части правильной структуры разминки, а также предлагаются к использованию некоторые общепризнанные схемы, разработанные для проведения эффективной разминки. При этом, тренинг на развитие гибкости проводится в целях увеличения амплитуды движений в суставе, что в обычном случае достигается посредством различных видов растяжки. В данной главе рассматриваются факторы, которые оказывают влияние на гибкость атлетов, а также предлагаются различные схемы растяжки, используемые в целях повышения гибкости атлетов.

Разминка

В соответствии с мировой практикой разминка является практически общепризнанной и неотъемлемой частью любой тренировки или соревновательного выступления (10). Фактически, задача разминки заключается в том, чтобы подготовить атлета с физической точки зрения, а также на уровне мыслительных процессов к дальнейшей двигательной деятельности или предстоящему состязанию (51). Правильная разминка способна вызывать в организме атлета ряд физиологических реакций, действие которых потенциально может повышать работоспособность. Указанные воздействия можно условно подразделить на температурные и нетемпературные виды реакций (10). К температурным видам относят повышение температуры мускулатуры и центральной части тела (т.н. кора) (68), повышение активности нервной системы, и разрушение неустойчивых связей в соединительных тканях (33), при этом, нетемпературные виды реакции могут включать в себя повышение притока крови к мышцам, повышение базового уровня потребления кислорода, а также постактивационное потенцирование (10). Наиболее выраженного эффекта от разминки можно добиться, используя не пассивные техники, а активные типы разминки (33). К благоприятным видам воздействия разминки, как правило, относят:

- Повышение скорости сокращения и расслабления как мышц-агонистов, так и антагонистов (51)
- Повышение скорости выработки усилия и скорости реакции (3)

- Повышение силовых и мощностных характеристик работы мускулатуры (9, 33)
- Снижение вязкого сопротивления в мышцах и суставах (33)
- Повышение количества поступающего кислорода в результате действия эффекта Бора, в соответствии с которым повышенная температура способствует высвобождению кислорода гемоглобином и миоглобином (68)
- Повышение притока крови к работающей мускулатуре (6)
- Повышение скорости обменных реакций (33)
- Повышение психологической готовности к предстоящей деятельности (10)

Несмотря на удивительно низкое число качественных исследований, направленных на анализ влияния разминки на работоспособность атлетов, в рамках отдельных исследований, как правило, демонстрируется то, что разминка благоприятным образом влияет на работоспособность атлетов в ходе последующей деятельности (42). К числу благоприятных эффектов относятся повышение выносливости (в рамках деятельности аэробного и анаэробного характера), а также рост работоспособности при выполнении прыжков, а также решении задач, связанных с узкоспециальной спортивной деятельностью в целом (42). Также очевидно, что к основным факторам, которые определяют потенциальные преимущества разминки, следует относить правильную структуру разминки и специфичность разминочных движений с точки зрения последующей физической деятельности (42). По всей видимости, атлеты могут использовать широкий спектр различных вариантов разминки, при условии, что структура применяемого вида разминки позволяет решать соответствующие задачи, стоящие в рамках процесса разминки в привязке к физиологическим, биомеханическим и психологическим особенностям последующей деятельности или вида спорта.

Структура разминки определяет те потенциальные преимущества, которые могут быть получены в ходе ее проведения; вследствие этого, разминка должна обладать аспектом специфичности к деятельности, выполняемой после ее завершения.

Эффективная разминка всегда рассматривалась как мера, позволяющая снизить риск травм в ходе последующей деятельности. Несмотря на то, что количественными методами оценить влияние разминки на снижение риска травматизма практически невозможно, результаты некоторых исследований свидетельствуют о возможном наличии благоприятных эффектов (41, 85, 86). К примеру, увеличение температуры мускулатуры

может способствовать повышению сопротивления мышц на разрыв (81).

Составляющие разминки

Как правило, рекомендуется, чтобы в состав разминки входил этап аэробной деятельности, после которого следует выполнять растяжку, а заканчивать разминку следует движениями, которые обладают высокой специфичностью к дальнейшей работе (42). Традиционные схемы разминки разработаны с учетом выполнения данных рекомендаций и, как правило, состоят из двух ключевых этапов.

Первый этап – этап **общей разминки** (21, 77), который может представлять собой 5 минут аэробной деятельности в низком темпе, к примеру, бег трусцой, прыжки на скакалке или работу на велотренажере. Основными задачами, которые стоят перед атлетом на данном этапе, являются: повышение частоты сердечных сокращений, усиление кровотока, увеличение температуры глубоких слоев мускулатуры, повышение количества дыхательных движений, усиление потоотделения, а также снижение вязкости суставных жидкостей (30). После завершения данного этапа, как правило, проводится растяжка, которая направлена на повышение амплитуды тех движений, которые будут выполняться в ходе последующей деятельности.

После завершения этапа общей разминки, атлету следует переходить к этапу **специальной разминки**, в ходе которой следует выполнять движения, моделирующие деятельность в рамках выбранного спортивного направления. На данном этапе атлету также предлагается отрабатывать движения, которые он будет выполнять в ходе дальнейшей тренировки (100).

В целом, разминку следует проводить постепенно, но с интенсивностью, достаточной для повышения температуры мускулатуры и центральной части тела, однако, интенсивность не должна быть чрезмерно высокой, поскольку это может вызвать раннее утомление и истощение запасов энергетических субстратов (68). Как правило, длительность разминки должна составлять от 10 до 20 минут; при этом, для преобладающего числа различных тренировочных схем характерна более короткая продолжительность разминки. Более высокая длительность разминочных мероприятий более характерна для тех случаев, когда они являются неотъемлемой частью основной работы, или, когда специальная разминка выполняется в целях подготовки к соревновательному выступлению. Разминка должна завершаться не более, чем за 15 минут до начала дальнейшей деятельности (если перерыв длится больше, то благоприятные последствия разминки начинают спадать) (33).

Цели и структура разминки

Несмотря на то, что схемы, по которым проводится разминка общего или узкоспециального типа, являются общепризнанными, конкретные варианты проведения разминки могут различаться в

значительной степени. Таким образом, несмотря на то, что атлеты проводят тот или иной вариант разминки, посредством ее выполнения бывает сложно полноценно влиять на те качества, которые позволяют оптимизировать работоспособность в рамках дальнейшей деятельности (42). Эффективное планирование позволяет оценить каким образом разминка будет способствовать повышению дальнейшей работоспособности. Аналогичным образом, в процессе планирования следует отделять типы разминки, используемой перед соревновательными выступлениями, от более универсальных вариантов, используемых перед обычными тренировками. Необходимо учитывать, что разминка перед соревновательным выступлением призвана в максимальной степени повысить работоспособность атлета в ходе состязания, а стандартная разминка перед тренировкой, также должна решать задачу оптимизации спортивных возможностей, однако этого можно достичь значительно более широким числом различных продуктивных методов, вследствие чего к атлетам необходимо грамотное планирование подобной деятельности. Для того, чтобы качество разминки было оптимальным, необходимо учитывать то, каким образом разминка влияет на общее развитие атлета; при этом, планирование следует проводить с учетом кратко-, средне- и долгосрочных перспектив.

Среднесрочное и долгосрочное планирование эффективных разминочных воздействий является относительно новым трендом. Суммарно, атлеты проводят за разминкой значительную часть тренировочного времени, а, следовательно, те схемы проведения разминки, которые позволяют наиболее оптимальным образом использовать тренировочное время, потенциально, являются очень мощным средством с точки зрения профессионального тренера (54). Эффективную разминку следует рассматривать как неотъемлемую часть тренировки, а не как отдельный вид деятельности (54). Преобладающая часть различных схем предполагают разминку в течение 10 – 20 минут, и суммарно за тренировочный цикл на разминку уходит достаточно много времени; таким образом, при правильном подходе это дает значительный вклад в общее развитие атлета, а также позволяет подготовить его к последующей работе оптимальным образом.

Разминка является неотъемлемой частью тренировки. Профессионалы по силовому и кондиционному тренингу должны планировать разминочные мероприятия в кратко-, средне- и долгосрочной перспективе, что, безусловно, будет способствовать общему развитию атлета.

Можно предположить, что существуют оптимальные уровни интенсивности разминки (89); их следует рассматривать в привязке к типу разминки (тренировочная или предсоревновательная), решаемым задачам, состоянию атлета и среды, в которой он находится. По всей вероятности, существует диапазон потенциально эффективных разминочных схем; при этом, главным является то, что тренер должен уметь выделять центральный, стержневой аспект, в привязке к которому следует осуществлять планирование разминки. Кроме того, что выбор того или иного варианта общей и специальной разминки должен быть логически обоснован, ее также может дополнять подход, позволяющий более эффективно влиять на работоспособность атлета как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе. Одной из схем, которая используется большим числом тренеров и позволяет решать весь спектр задач, стоящих перед эффективной разминкой, является протокол **Повышение, Активация и Мобилизация, Потенцирование (ПАМП / RAMP - Raise, Activate and Mobilize, and Potentiate)** (54). В рамках данной схемы учитываются общие и специальные аспекты, кроме того, она представляет собой приемлемый подход, использование которого способствует максимизации работоспособности атлета в краткосрочной, среднесрочной и долгосрочной перспективе (54). Как видно из названия, тремя ключевыми этапами данной схемы являются повышение, активация и мобилизация, а также потенцирование.

На первом этапе протокола ПАМП атлетам предлагаются различные виды деятельности, которые позволяют не только повысить уровень основных физиологических параметров, но и совершенствовать навыки атлетов. Данный этап, по сути, аналогичен общей разминке, в ходе него деятельность осуществляется с целью повышения температуры тела, частоты сердечных сокращений, частоты дыхательных движений, усиления кровотока и снижения вязкости суставных жидкостей с помощью выполнения низкоинтенсивных упражнений. Тем не менее, очень важно понимать, что в противоположность выполнению традиционных для общей разминки упражнений, двигательная деятельность на данном этапе не должна состоять в аэробных упражнениях; вместо этого, следует пытаться моделировать те двигательные шаблоны, которые характерны для предстоящей двигательной деятельности в частности, либо двигательные шаблоны и навыки, присущие для выбранного спортивного направления в целом. Если разминочная работа будет построена описанным образом, то процесс разминки с самого начала будет нацелен на проработку ключевых двигательных способностей и навыков, а также будет вызывать физиологические эффекты, аналогичные тем, которые присущи для целевого вида деятельности. Подобный характер разминки также позволяет повысить уровень физиологической готовности атлета к практической работе или соревновательному выступлению, поскольку в ходе

такой разминки оказывается непрерывное воздействие на те параметры, которые связаны с работоспособностью.

Второй этап, т.е. этап активации и мобилизации, по сути, аналогичен растяжке в рамках классической разминки. На данном этапе выполняются движения, шаблоны которых рассматриваются в качестве ключевых, как с точки зрения дальнейшей тренировки, так и общего развития атлета; к примеру, следует выполнять двигательные шаблоны приседа и выпадов. Атлету следует сконцентрировать свое внимание на мобилизации, т.е. на активном и полноамплитудном выполнении движений, что потребует от него контроля над моторикой, развитого чувства равновесия и гибкости, кроме того, подобная деятельность будет в большей степени имитировать те движения, которые будут выполняться в дальнейшем (54). По-прежнему широко обсуждается вопрос необходимости использования статической растяжки в ходе разминки, и на текущий момент мнения специалистов разделились. Некоторые обзорные исследования научной литературы, в рамках которой проводится анализ влияния статической растяжки на работоспособность атлетов, подвергают сомнению данную методику (83, 84, 100), поскольку авторы делают предположение, что статическая растяжка может негативным образом сказываться на характере мышечной деятельности (59). В рамках ряда исследований было продемонстрировано негативное влияние статической растяжки на величины некоторых параметров, посредством которых описывается работоспособность атлетов, а именно: характер выработки усилия (8, 25-27, 35, 76), мощностные возможности атлета (23, 92, 99, 100), скорость бега (38), скорость реакции/движений (7), и силовая выносливость (73). При проведении прочих исследований падения работоспособности не наблюдалось, а в рамках своей недавней аналитической работы Кей и Блазевич (56) пришли к заключению, что непродолжительная статическая растяжка не оказывает негативного влияния на последующую работоспособность атлета, при условии, что такая растяжка выполняется не дольше 60 секунд. Тем не менее, недавний мета-анализ, проведенный Шимичем и соавторами (87) ставит под вопрос результаты работы Кей и Блазевича (56), в мета-анализе утверждается, что Кей и Блазевич использовали неверные статистические критерии с целью доказательства своих идей. Шимич и соавторы (87) сообщают о том, что непродолжительная (короче 45 секунд) статическая растяжка вызывает менее выраженное падение работоспособности, однако такое снижение работоспособности по-прежнему фиксируется на основании величин соответствующих параметров, а значит, оно может оказывать влияние на результат соревновательных выступлений. Таким образом, при принятии решения относительно использования статической растяжки на данном этапе разминки, профессионалам по силовой и кондиционной подготовке необходимо соотнести потенциальные

риски с возможными выгодами (65). Важным аспектом, который следует принимать во внимание при разработке схемы подготовки на данном этапе, является амплитуда движений, выбранных для разминочной деятельности; это обусловлено тем, что атлетам, выступающим в видах спорта, которые требуют деятельности со значительной или максимальной амплитудой, предлагается уделять повышенное внимание данному этапу разминки, и тратить на подобную деятельность больше времени в сравнении с разминкой, построенной на низкоамплитудных движениях (46, 97).

В связи с представленными выше соображениями, введение в разминку этапа мобилизации и активации вместо использования стандартной растяжки будет помогать тренеру в выборе нужного вида активности. Поскольку в рамках исследовательских работ не было выявлено корреляционной связи между использованием растяжки и снижением риска травматизма (47, 50, 75, 86, 89) или ослаблением посленагрузочных мышечных болей (55), основное внимание в процессе растяжки следует сместить в сторону уровня работоспособности атлета. Выбор упражнений следует осуществлять таким образом, чтобы они не только помогали организму атлета подготовиться к предстоящей работе, но и повышали уровень общих двигательных возможностей атлета. Упражнения, которые побуждают атлета к использованию основных двигательных шаблонов, тем самым, способствуя повышению уровня двигательного контроля и мобильности, следует считать наиболее подходящими на данном этапе разминки (54). Аналогичным образом, именно на данном этапе следует решать любые задачи, связанные с узкоспециальными движениями, которые атлет должен использовать в ходе последующей деятельности (54).

Использование амплитудной динамической растяжки и упражнений, направленных на развитие мобильности, позволяет получить все ключевые преимущества, которые были указаны выше. Кроме того, динамическая растяжка позволяет не потерять преимущества, связанные с повышением температуры, которые были получены на предыдущем этапе растяжки (54). Более того, в одном растягивающем движении можно задействовать несколько суставов, и выполнять его в нескольких плоскостях на манер того, как оно выполняется в рамках соревновательной спортивной деятельности. Таким образом, динамическая растяжка является крайне эффективной методикой в привязке к количеству затраченного времени, что может играть важную роль в ситуациях, когда время тренировки ограничено (49, 54). Указанные преимущества, наряду с тем, что динамическая растяжка и упражнения на мобильность, как было доказано рядом исследований, позволяют повысить работоспособность атлетов в ходе бега после такой растяжки (38, 66, 98), являются аспектом, который делает перечисленные виды упражнений

предпочтительным типом деятельности при проведении разминки в большинстве различных спортивных направлений (54).

Третий этап, который называют этапом **потенцирования**, аналогичен специальной разминке, однако, что достаточно важно, здесь также уделяется особое внимание интенсивности деятельности. На данном этапе выполняется узкоспециальная спортивная деятельность с постепенным повышением интенсивности, до тех пор, пока атлет не выйдет на тот уровень интенсивности, который характерен для последующего соревновательного выступления или тренировочной работы. Данный этап также важен с точки зрения дальнейшей работоспособности, в особенности применительно к тем типам деятельности, которые характеризуются высоким уровнем скоростной, силовой или мощностной составляющей работы, и не находят отражения в традиционных видах разминки. Действительно, чем значительнее уровень требований к мощностным возможностям атлета со стороны выбранного спортивного направления, тем большую важность приобретает этап потенцирования в ходе разминки (17), и введение в процесс высокоинтенсивных динамических упражнений может способствовать росту дальнейшей работоспособности (11, 14, 36, 99). В состав соревновательной разминки следует включать последовательность узкоспециальных спортивных движений, которые должны позволять атлету максимально эффективно повышать текущую работоспособность на физиологическом и психологическом уровне (11). Если разминка проводится перед тренировкой, то она должна быть нацелена не только на предстоящую работу, но и на долгосрочное развитие атлета. При условии эффективного планирования, данный этап разминки может являться ключевым аспектом тренировки, давая идеальную возможность воздействовать на такие аспекты работоспособности как скорость и подвижность (54). Эффективное планирование данного этапа также позволяет проводить значительный объем времени, концентрируясь на решении основных задач, связанных с уровнем подготовки атлета, не наращивая при этом длительность тренировки (54). В самом деле, именно данный этап разминки в конечном итоге определяет ее оптимальную продолжительность, поскольку этап потенцирования может стать ключевой частью занятия в виду того, что он позволяет включить в процесс работу над такими аспектами как скорость и подвижность. В таком случае общая длительность разминки несколько увеличится, но это позволит сделать переход к основной тренировочной работе равномерным без каких-либо скачков интенсивности или иных параметров.

Гибкость

Под **амплитудой движений (ROM** - Range of motion) в суставе понимают величину углового отклонения частей тела относительно друг друга,

которая измеряется в градусах. Гибкость демонстрирует насколько атлет закрепощен в том или ином суставе, вследствие чего ее можно считать критерием амплитуды движений, при этом, она имеет статическую и динамическую составляющие. Под **статической гибкостью** понимают амплитуду возможных движений в суставе (22, 30) и окружающей его мускулатуре при выполнении пассивных движений (40, 44). Статическая гибкость не требует осознанной мышечной деятельности; усилие, необходимое для требуемого растяжения, позволяет выработать внешнее воздействие силы тяжести, партнера или специального приспособления. **Динамическая гибкость** связана с амплитудой движений, характерных для активной деятельности, вследствие чего она связана с осознанными мышечными действиями (сокращениями). Как правило, амплитуда динамических движений значительно превышает амплитуды статических. Наличие взаимосвязи между амплитудами статических и динамических движений долгое время подвергалось сомнению (52), на текущий день данный вопрос по-прежнему остается во многом неразрешенным, в особенности в связи с пониманием того, что нормальная амплитуда не гарантирует нормального характера движений в суставе (19). Таким образом, с помощью численных методов оказалось невозможным установить взаимосвязь между статической гибкостью и спортивной работоспособностью.

В процессе принятия решения в части того, какой вид гибкости является более важным, всегда необходимо учитывать природу движений в рамках выбранного спортивного направления. Ключевая роль гибкости заключается в том, насколько свободно атлет выполняет требуемые движения. Таким образом, рассматривать гибкость саму по себе, т.е. вне привязки к целевой двигательной деятельности в ряде случаев будет неправильно, поскольку, как мы уже говорили, нормальная амплитуда не гарантирует нормального характера движений в суставе (19). В связи с этим более подходящей может быть именно концепция мобильности, поскольку она учитывает характер движений, вследствие чего, она вбирает в себя дополнительные аспекты типа координации движений в привязке к сохранению равновесия, координации деятельности, направленной на контроль положения тела, а также чувственного восприятия (19). Вследствие этого, гибкость рассматривается в концепции мобильности в качестве аспекта динамических качеств атлета, поскольку перед каждым атлетом стоит задача сохранения контроля, координации и силовых возможностей в рамках любой амплитуды движений. Это дает преимущество в тех ситуациях, когда влияние гибкости на работоспособность атлетов принимается в расчет. Действительно, увеличенная амплитуда движений без соответствующего контроля над моторикой не позволит максимизировать работоспособность (82).

Гибкость и работоспособность

Влияние гибкости на работоспособность атлетов зависит от того, каким типом деятельности занимается атлет, при этом, самые гибкие атлеты не всегда занимают наивысшие места на пьедестале (82). Таким образом, основной задачей тренинга становится работа на развитие гибкости с учетом характера узкоспециальной деятельности, а не простая максимизация уровня гибкости (71). Определенные виды спорта и направления деятельности могут диктовать особые требования к амплитуде движений, и, по всей видимости, для каждого вида деятельности можно выделить оптимальный уровень гибкости, который будет продиктован теми движениями, которые характерны для конкретного спортивного направления (45, 89). Также, профессионалам в области силовой и кондиционной подготовки не следует забывать о кинетических и кинематических аспектах двигательных шаблонов в рамках требуемой амплитуды движений, поскольку данные аспекты будут диктовать какие типы развивающих методик необходимо выбирать. Задачу, которая заключается в увеличении амплитуды движения в том или ином суставе, следует рассматривать в привязке к цели повышения работоспособности атлета, что зачастую требует от атлета возможности выдавать требуемое усилие на всей амплитуде движения, а также способности помещать тело в ключевые положения, присущие для выбранного спортивного направления. В некоторых случаях, увеличенная амплитуда движения является недостающим звеном в программе мощностного развития атлета, поскольку способность вырабатывать усилие в рамках более значительной амплитуды позволяет повысить величину импульса за счет увеличения длительности того временного периода, в ходе которого атлет может вырабатывать усилие, что, в свою очередь, способствует повышению работоспособности в достаточно широком спектре различных видов спорта (67). Таким образом, профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен оценивать не только двигательную деятельность атлета в рамках оптимальной амплитуды, но учитывать и мощностную составляющую двигательных шаблонов в привязке к целевой амплитуде, а также заниматься развитием указанных качеств параллельно с работой на увеличение амплитуды движений для того, чтобы гарантировать высочайший уровень подготовки атлета к предстоящим соревновательным выступлениям.

Соответствующими специалистами были определены диапазоны оптимальной гибкости для различных видов спорта, с учетом данного факта, считают, что риск получения травмы повышается в тех случаях, когда атлет не в состоянии продемонстрировать способность работать именно в рамках оптимального диапазона. Также важно отметить, что в качестве аспекта, связанного с повышенным риском травм, можно рассматривать

как закрепощенность, так и гиперподвижность (78, 89). Кроме того, атлет может подвергаться повышенному риску травм в случае наличия различных дисбалансов, обусловленных нарушениями в гибкости (57, 58).

Аспекты, которые оказывают влияние на гибкость

На гибкость атлетов влияют некоторые аспекты, связанные с их анатомическими особенностями и характером тренировочного процесса. Тренинг сам по себе не может влиять на такие аспекты как, устройство суставов, возраст и пол атлетов. Тем не менее, на прочие аспекты можно оказывать определенное воздействие, вследствие чего их следует учитывать при разработке программ, направленных на развитие гибкости. Долгосрочные программы растяжки (стретчинга) могут отличаться наличием благоприятных изменений накопительного характера, начиная от увеличения гибкости, и заканчивая ростом силовых возможностей (82). В случае, когда перед профессионалом по силовой и кондиционной подготовке стоит задача выбора отдельных упражнений или целой программы, направленной на развитие гибкости, он должен принимать во внимание уникальный набор качеств, присущий каждому атлету в отдельности, а также требования, диктуемые выбором спортивного направления.

Тип сустава

Устройство сустава определяет амплитуду движений в этом суставе (66). **Шаровидные суставы** типа тазобедренного и плечевого позволяют выполнять движения в любой анатомической плоскости, и имеют наибольшие амплитуды движения среди всех типов суставов (2). Лучезапястный сустав классифицируется как **эллипсоидный сустав** (суставная головка овальной формы сопрягается с полостью в форме эллипса), а это обуславливает то, что основная часть движений в данном суставе выполняется в сагиттальной и фронтальной плоскостях; амплитуда движений в данном суставе гораздо меньше, чем в плечевом или тазобедренном (2). В отличие от этого, коленный сустав является **блоковидным суставом**, а движения в нем происходят в основном только в сагиттальной плоскости; при этом, амплитуда движений в коленном суставе меньше, чем в шаровидных суставах или эллипсоидном лучезапястном суставе. На амплитуду движений в том или ином суставе влияют: тип сустава, геометрия сочленяемых суставных поверхностей и те мягкие ткани, которые окружают сустав.

Возраст и пол

Молодые люди, как правило, являются более гибкими, чем возрастные люди (95), при этом, женщины обычно более гибкие в сравнении с мужчинами (44). Различия в гибкости у молодых

мужчин и женщин могут быть отчасти обусловлены особенностями анатомии и состава тела, а также типом и объемом двигательной деятельности. В организме у пожилых людей протекает процесс под названием **фиброз**, в ходе которого волокнистые соединительные ткани замещают дегенеративные мышечные волокна (2). Дегенеративные изменения в мышцах, как правило, вызваны отсутствием достаточного объема физической деятельности, и приводят к тому, что амплитуда движений в том или ином суставе сокращается. Утверждение, согласно которому возрастные люди могут повышать свою гибкость с помощью подходящих упражнений настолько же правомерно, как и констатация того, что они способны развивать свою силу.

Мышечные и соединительные ткани

На гибкость человека могут влиять определенные типы тканей. К примеру, ограничивать амплитуду движений могут мышечные ткани, мышечно-сухожильный аппарат, а также связки, сухожилия, фасции, суставные капсулы и кожа (30). Относительный вклад каждого из перечисленных выше типов тканей в возможность развивать гибкость атлета, как в краткосрочной перспективе, так и на системном уровне, остается неясным, однако, в любом случае, он является отражением проявления свойств **упругости** и **пластичности** тканей. Упругость (свойство деформироваться под действием нагрузки и восстанавливать первоначальную форму и размеры после ее снятия) и пластичность (способность без разрушения сохранять значительную остаточную деформацию после растяжения) соединительной ткани относят к числу факторов, которые влияют на амплитуду движений (39, 96). Упражнения на растяжку могут оказывать благоприятное воздействие на соединительные ткани за счет использования преимуществ потенциала пластичности данного типа тканей; однако, необходимо отметить, что относительный вклад каждого из перечисленных выше типов тканей и различия в части индивидуальных видов реакций этих тканей пока остаются неясными (12).

Индивидуальная переносимость растяжки

Важным фактором, который необходимо учитывать при определении гибкости атлета, является индивидуальная переносимость растяжки, или, другими словами, способность выдерживать неприятные физические ощущения, связанные с процессом растяжки (82). Те люди, для которых характерна меньшая закрепощенность в суставах и более значительная амплитудность движений, как правило, имеют более высокую индивидуальную переносимость растяжки, а значит способны лучше переносить растягивающие нагрузки (12). Один из важных аспектов программы регулярного стретчинга заключается в том, что она способна повышать переносимость растяжки, что, потенциально способствует дальнейшему развитию гибкости атлета.

Нервная регуляция

Регуляция амплитуды движений со стороны нервной системы человека осуществляется прежде всего на уровне центральной и периферийной нервных систем и в меньшей степени на уровне их структурных элементов (62). В состав данной системы входят как афферентные (передающие возбуждение от периферии к центру), так и эфферентные (передающие возбуждение от центральных отделов нервной системы к рабочим органам) механизмы, что позволяет осуществлять как рефлекторную, так и осознанную деятельность, в конечном счете, направленную на регуляцию той амплитуды движений, которую атлет способен достичь. Ключевым аспектом эффективной программы развития гибкости является возможность благоприятного воздействия на нервную систему, что позволяет извлекать выгоду в виде увеличения амплитуды движений.

Тренинг с отягощениями

Всеобъемлющая и правильно составленная программа тренинга с отягощениями также может способствовать увеличению гибкости (60, 88), кроме того, такая программа позволяет развивать силовые возможности в рамках более значительной амплитуды движений. Эффективные схемы силового тренинга в соответствующих ситуациях следует рассматривать в качестве весьма важного дополнения к программе стретчинга (82). Однако, тут необходимо сделать следующую оговорку: тренинг со значительными отягощениями, осуществляемый в рамках упражнений с неполной амплитудой может приводить к снижению амплитуды движений в соответствующих суставах (30). В целях предотвращения возможного снижения амплитуды, атлеты должны развивать как мышцы-агонисты, так и соответствующие антагонисты (16), при этом рекомендуется выполнять упражнения таким образом, чтобы амплитуда движений в задействованных суставах была максимальной.

Мышечная масса

Значительное увеличение мышечной массы может негативным образом влиять на амплитуду движений в силу того, что значительный прирост мускулатуры частично блокирует движения в соответствующем суставе. Атлеты с выраженной гипертрофией бицепсов и дельтовидных мышц могут, к примеру, испытывать определенные трудности с растяжкой трицепса (30), приемом штанги в ходе выполнения силового подъема штанги на грудь, или фронтального приседа (со штангой на груди). Несмотря на то, что варьирование тренировочных программ может вызывать снижение количества мышечной массы, подобные мероприятия, возможно, могут быть нецелесообразными для крупных атлетов, выступающих в мощностных видах спорта, к примеру, толкателей ядра или нападающих в Американском футболе.

Профессионалы в области силового и кондиционного тренинга всегда должны учитывать требования того вида спорта, которым занимается атлет, другими словами, в ряде случаев значительный объем гипертрофированной мускулатуры может быть гораздо более важен отсутствия закреощенности и высокой мобильности в суставах, при этом, в ряде случаев верно обратное, т.е. когда наиболее важна амплитуда движений, следует учитывать негативное влияние значительной мышечной массы и планировать программу тренинга соответствующим образом.

Уровень активности

Люди, ведущие активный образ жизни, как правило более гибкие в сравнении с теми, кто двигается мало (44). Это тем более справедливо для тех случаев, когда в число различных видов деятельности активного человека входят занятия на растяжку, однако, данный принцип также выполняется для тех, кто занимается прочими видами деятельности, типа тренинга с отягощениями. В результате тренинга с отягощениями по правильно разработанной программе гибкость развивалась и мужчин, и у женщин (94). Также важно понимать, что активность сама по себе не способствует повышению гибкости. Если перед человеком стоит задача сохранения или увеличения свободы движений в суставах, то неотъемлемым условием этого является выполнение упражнений на растяжку или упражнений с отягощениями, в рамках которых осуществляются полноамплитудные движения.

Частота, продолжительность и интенсивность тренировок, направленных на развитие гибкости

Как и с прочими типами тренинга, частота, продолжительность и интенсивность тренировок являются важными аспектами, которые необходимо принимать в расчет при составлении программы (28). Было доказано, что как статическая растяжка (13), так и упражнения на растяжку в рамках методики проприоцептивного нервно-мышечного упрощения (34), позволяют увеличить амплитуду движений в коленном, тазобедренном, плечевом и голеностопном суставах, а также позвоночном столбе (89). Несмотря на наличие исследований, точные механизмы, позволяющие увеличивать гибкость, на текущий момент остаются неясными. В краткосрочной перспективе влияние растяжки на амплитуду движений является неустойчивым, растяжка имеет наиболее выраженный эффект непосредственно после завершения стретчинга; затем эффект начинает постепенно затухать. Длительность периода, в ходе которого наблюдаются выраженные изменения может составлять от 3 минут (29) до 24 часов (31).

Для того, чтобы получить более длительные результаты, необходимо ввести в процесс тренинга

элементы специальной программы стретчинга (89). Было доказано, что занятия дважды в неделю на протяжении минимум 5 недель позволяют в значительной степени увеличить гибкость (40). Тем не менее, в соответствующей литературе содержится лишь ограниченный объем рекомендаций в части структуры программ развития гибкости, в особенности если речь идет о методиках проприоцептивного нервно-мышечного упрощения (30).

В качестве рекомендованной длительности упражнений на статическую растяжку, как правило, озвучивают период в 15 - 30 секунд (78), кроме того, как было доказано, указанная длительность эффективнее в сравнении с упражнениями меньшей продолжительности (79, 93). Существуют свидетельства того, что длительность, равную 30 секундам, следует рассматривать как оптимальную (4-6), результаты исследований также позволяют строить предположения о том, что более высокая длительность растяжки уже не будет давать столь выраженных изменений. Еще одним аспектом, который также следует принимать во внимание, является общая продолжительность стретчинга за сутки; следует отметить, что данный аспект может быть не менее важен в сравнении с длительностью одного упражнения (17, 79). Когда атлет занимается статической растяжкой, ему следует располагать тело и конечности таким образом, чтобы в занимаемом положении он испытывал умеренный дискомфорт (но не боль). В целях увеличения амплитуды движений ни в коем случае нельзя нарушать структурную целостность сустава. Перед тем как делать любые упражнения на растяжку атлет обязательно должен повысить температуру мускулатуры посредством общей физической деятельности. Принимая во внимание тот факт, что элементы нервной системы и сосудистой сети также растягиваются в ходе выполнения упражнений, направленных на развитие гибкости, тренер должен отслеживать, чтобы после растяжки атлет не потерял чувствительность или не испытывал отдающую боль в соответствующей области.

Когда атлету следует заниматься растяжкой?

Для получения оптимального эффекта, растяжкой следует заниматься в указанные ниже периоды:

- *После тренировки или соревновательного выступления.* Послетренировочная растяжка способствует увеличению амплитуды движений (43), поскольку в этот период мускулатура имеет более высокую температуру (39).

Растяжку следует выполнять через 5-10 минут после завершения практической части. Более высокая температура мышц увеличивает упругоэластические свойства коллагеновых волокон в мышцах и сухожилиях, что позволяет растягивать их в рамках более значительной амплитуды. Занятия растяжкой после нагрузок также могут способствовать ослаблению

мышечных болей (77), однако, следует отметить, что результаты исследований по данному направлению можно толковать двояко (1, 61).

- *В качестве отдельной тренировки.* Если атлет ставит своей целью увеличение уровня гибкости, то ему, вероятно, может потребоваться введение в структуру тренировочного процесса дополнительного занятия на растяжку. В таком случае, перед растяжкой необходимо проводить общую разминку для того, чтобы повысить температуру мускулатуры до уровня, который позволяет проводить растяжку эффективным образом. Подобный тип тренировки может быть в особенной степени полезен в качестве восстановительного мероприятия на следующий день после соревнований

Растяжка и элементы проприоцептивной системы

Двумя важными структурными элементами проприоцептивной системы с точки зрения растяжки являются: **мышечные веретена** и **Сухожильные органы Гольджи (СОГ)**. Мышечные веретена, которые расположены в экстрафузальных мышечных волокнах, реагируют на изменения длины мышцы (40). В ходе резкого растягивающего движения, афферентный (рецепторный, сенсорный, чувствительный) нейрон, находящийся в мышечном веретене, иннервирует двигательный нейрон в спинном мозге. Затем двигательный нейрон вызывает мышечное действие в тех экстрафузальных мышечных волокнах, которые ранее подверглись растягивающему воздействию; данный механизм называют **рефлексом растяжения мышц**. При занятиях растяжкой следует избегать стимуляции мышечных веретен и последующего срабатывания рефлекса растяжения мышц, поскольку диапазон движений будет ограничен в силу рефлекторных мышечных действий. Если стимуляции мышечных веретен не происходит, то мышца расслабляется, что позволяет усилить растягивающее воздействие. В силу того, что при статической растяжке основное движение делается с крайне низкой скоростью (см. следующий раздел, "Типы растяжки"), срабатывания рефлекса растяжения мышц не происходит. Резкие (баллистические и динамические) растягивающие движения могут стимулировать мышечные веретена, тем самым, запуская рефлекс растяжения мышц.

СОГ является **механорецептором**, который располагается в области мышечно-сухожильного перехода; СОГ реагирует на рост мышечного напряжения. При стимуляции, СОГ вызывает рефлекторное расслабление мышцы. Расслабление, которое происходит в мышце, подверженной значительному напряжению, называют **аутогенным торможением** (18, 22, 72). Аутогенное торможение осуществляется посредством активного сокращения мышцы непосредственно перед тем, как она испытывает пассивное (статическое) растяжение. Увеличение нагрузки на мышцу в ходе активного

сокращения вызывает стимуляцию СОГ, приводит к рефлекторному расслаблению мышцы при последующем пассивном растяжении. Расслабление, происходящее в антагонисте той мышцы, которая испытывает повышенное напряжение, называют **реципрокным (взаимным) торможением** (18, 72). Действие подобного механизма наблюдается в ситуации, когда одновременно с пассивным растяжением одной мышцы нагружается мышца, являющаяся ее антагонистом. В подобной ситуации, напряжение в сокращенной мышце стимулирует СОГ и одновременно с этим вызывает рефлекторное расслабление растягиваемой мышцы.

Типы растяжки

Растяжка предполагает движение той или иной части тела в границах амплитуды движения конечности до той точки, где сопротивление движению начинает возрастать. После достижения точки сопротивления для того, чтобы конечность продолжила дальнейшее движение в выбранном направлении, ей необходимо сообщить усилие. Растягивающее движение может быть активным или пассивным. **Активное растяжение** предполагает, что человек, занимающийся растяжкой, самостоятельно осуществляет растягивающее воздействие посредством соответствующего усилия. К примеру, при выполнении наклона вперед сидя, атлет сокращает мускулатуру брюшного пресса и мышцы-сгибатели бедра для того, чтобы туловище наклонилось вперед, тем самым, растягивая мышцы задней поверхности бедра и поясничного отдела спины. При **пассивном растяжении** в качестве источника внешнего воздействия или способа усилить такое воздействие используется партнер или специализированный механизм.

Статическая растяжка

Статическая растяжка характеризуется плавным и непрерывным воздействием, при этом, конечное положение максимального растяжения следует удерживать в течение 15 - 30 секунд (4, 6). При статической растяжке одновременно выполняется расслабление и удлинение растягиваемой мышцы (37). Поскольку данный вид растяжки производится очень плавно, статическая растяжка не вызывает срабатывания рефлекса растяжения в той мышце, на которую оказывается воздействие (20); таким образом, вероятность получить травму в ходе статической растяжки гораздо ниже, нежели чем при динамической (2, 39, 90). Кроме того, статическую растяжку легко научиться выполнять самостоятельно, при этом, было доказано, что она является эффективным средством увеличения амплитуды движений (13). Несмотря на то, что воздействие чрезмерно высокого усилия при выполнении статической растяжки может привести к травме мышц или соединительных тканей, у статической растяжки отсутствуют реальные недостатки при условии, что в рамках такой растяжки используется правильная техника и

методология. Решать задачи, связанные с увеличением гибкости посредством статической растяжки, могут любые атлеты из широчайшего диапазона спортивных направлений.

Хорошим примером статической растяжки является упражнение наклон вперед сидя. Для того, чтобы соответствующая мускулатура в ходе данного упражнения растягивалась статически, атлету необходимо сесть на опорную поверхность в положение “ноги вместе”, выпрямив ноги в коленных суставах, а затем наклониться вперед, сгибаясь в поясе (тазобедренном суставе) и медленно притягивать туловище к голени с помощью рук. Интенсивность растягивающего воздействия следует постепенно наращивать до тех пор, пока движение корпуса вперед не начнет вызывать умеренный дискомфорт в области мускулатуры задней поверхности бедра или поясничном отделе спины. В этом положении рекомендуется оставаться в течение 15 - 30 секунд, после чего следует медленно вернуться к исходному сидя с вертикальным положением туловища. Данное упражнение относят к типу статической растяжки, поскольку оно выполняется достаточно плавно, а в конечном положении (максимального наклона вперед) движение отсутствует.

Баллистическая растяжка

Баллистическая растяжка, как правило, характеризуется активным мышечным действием, и использованием колебательного пружинящего движения, которое не останавливается в конечном положении (70). Баллистическая растяжка зачастую используется при разминке перед тренировкой; однако, если движения атлета не контролировать и не направлять соответствующим образом, то они могут привести к травме мышц и соединительных тканей, в особенности, если они уже были повреждены ранее (20). Баллистическая растяжка, как правило, запускает рефлекс растяжения мышцы, который не дает задействованной мускулатуре расслабляться, что, в свою очередь, может ограничивать амплитуду движений, вследствие чего профессионал в области силовой и кондиционной подготовки должен очень внимательно следить за тем, чтобы атлет выполнял баллистическую растяжку надлежащим образом.

В качестве примера предлагаем рассмотреть то же упражнение, т.е. наклон вперед сидя, которое выполняется баллистическим, а не статическим способом. Для этого, атлет должен сесть на опорную поверхность в положении “ноги вместе”, выпрямить ноги в коленях, а туловище расположить так, чтобы оно находилось в плоскости, перпендикулярной поверхности пола. Во взрывной манере атлет должен выполнить наклон корпуса вперед к голени ног, в конечной позиции выполнить своеобразный “отскок” и, не делая паузу, вернуть корпус практически в вертикальное положение. С каждым повторением туловище следует опускать чуть ниже, т.е. постепенно смещать конечную позицию вниз по вертикали. Было доказано, что баллистическая растяжка настолько же эффективна в части

увеличения амплитуды движений, как и статическая (63), вследствие чего она может выступать в качестве действенного элемента программы, направленной на развитие гибкости (24). Тем не менее, необходимо тщательно убедиться в том, что атлет должным образом подготовлен к занятиям данным типом растяжки как непосредственно перед выполнением упражнений, так и на системном уровне; при этом особую осторожность следует проявлять в ситуациях, когда у атлета уже имелись повреждения мышц или тканей, которые задействуются в ходе баллистической растяжки.

Динамическая растяжка

Динамическая растяжка представляет собой один из типов функциональных упражнений на растяжку, в рамках которых используются узкоспециальные спортивные движения и их производные, выполняемые для подготовки организма атлета к предстоящей деятельности (64). При выполнении динамических растягивающих движений, которые иногда рассматриваются в качестве упражнений, направленных на развитие мобильности (3) акцент делается на требованиях к двигательной деятельности, диктуемых выбранным спортивным направлением или родом занятий, а не нюансами проработки той ли иной мышцы. Данный тип движений должен достаточно точно повторять двигательный шаблон, используемый в спорте или соответствующем роде деятельности (48); к примеру, растяжка “колени к груди стоя” позволяет моделировать подъем колена в ходе спринтерского бега. По сути, динамическую растяжку можно рассматривать в виде выполняемого активным образом движения в рамках той амплитуды, которая характерна для выбранного спортивного направления.

Может казаться, что динамический и баллистический типы растяжки аналогичны по своей сути, однако, между ними существует несколько ключевых различий, которые делают результаты выполнения таких упражнений отличными друг от друга, к примеру, динамическая растяжка позволяет избегать потенциальных негативных последствий, которые, как правило, связывают с баллистической растяжкой. Занимаясь динамической растяжкой, атлету следует избегать эффекта “отскока”, а также выполнять растяжку, сохраняя более значительную степень контроля над движениями, в сравнении с баллистическими упражнениями. В результате этого, движение контролируется в рамках всей рабочей амплитуды, что приводит к тому, что при выполнении динамической растяжки движение короче, чем при баллистической, однако, это позволяет сохранять такой уровень контроля, который необходим для активного движения по всей амплитуде, а также для выхода в конечное положение и фиксации в нем.

Способность выполнять активное амплитудное движение в суставе гораздо более

близка по своей специфике к специальной спортивной деятельности, нежели чем статическое удержание тела в положении растяжки. К числу преимуществ динамической растяжки относят ее способность влиять на гибкость атлета при осуществлении динамических мышечных действий, возможность имитировать узкоспециальные двигательные шаблоны и рабочую амплитуду, диктуемые выбором спортивного направления. Вследствие этого, динамический тип растяжки, как отмечалось в разделе этой главы, который был посвящён разминке, становится все более популярным методом стретчинга в ходе разминки.

Когда человек занимается динамической растяжкой, то, в отличие от статической, при растяжении мышца не расслабляется, а работает в рамках требуемой амплитуды движений; что позволяет сохранять более высокую специфичность используемых двигательных шаблонов в привязке к выбранному спортивному направлению. При этом, даже с учетом того, что динамическая растяжка считается идеальным элементом разминочной деятельности, она может быть менее эффективна в части увеличения амплитуды движений, чем статическая растяжка или методики проприоцептивного нервно-мышечного упрощения (5); при решении задач, сопряженных с увеличением амплитуды движений в условиях статической работы, предпочтение, вероятно, следует отдавать статической растяжке или методикам проприоцептивного нервно-мышечного упрощения.

При разработке программы динамической растяжки, отправной точкой должен быть тщательный анализ основных двигательных шаблонов в выбранном виде спорта, а также амплитуды, в рамках которой эти движения должны выполняться. Затем специалист должен провести подбор упражнений, которые позволяли бы достаточно точно воспроизводить специальные спортивные движения посредством серий динамических растягивающих действий. Именно таким способом можно добиться того, что полученная программа развития гибкости будет в значительной степени специфична.

Динамическая растяжка позволяет комбинировать несколько движений (32, 49). Это дает профессионалам в области силового и кондиционного тренинга возможность использовать огромное количество всевозможных комбинаций в целях увеличения вариативности разминочной деятельности и устранения монотонности. Атлеты могут делать упражнения на динамическую растяжку как сериями из нескольких повторений, выполняя их на одном месте (к примеру, 10 выпадов) или сериями повторений на заданную дистанцию (к примеру, атлет должен пройти выпадами расстояние в 15 м). Вне зависимости от выбранного метода, каждую серию движений необходимо начинать в низком темпе и в ходе следующих повторений или подходов наращивать амплитуду, скорость или и то, и то другое.

К примеру атлет может выполнять упражнение “подъем колена стоя” на дистанции в 15 метров, начиная шагом, и в рамках дальнейших повторений повышать динамику движений, переходя на выпрыгивания. Подобное повышение динамики позволяет наращивать как скорость, так и амплитуду движений. Получить требуемый эффект от разминки, в рамках которой используются динамическая растяжка, можно за 10 - 15 минут (64).

При выполнении упражнения на динамическую растяжку, которое воспроизводит специальный двигательный шаблон – к примеру, спринтерский подъем колена стоя – важно чтобы в ходе растягивающего движения также делался акцент на ключевые навыки, задействуемые в рамках целевого движения, т.е. при растяжке необходимо прорабатывать и совершенствовать наиболее важные аспекты механики целевого движения. Говоря более конкретно, если при разминке используется такое упражнение как подъем колена стоя, то необходимо делать акцент на контроле соответствующих аспектов биомеханики тела атлета, а также отслеживать, чтобы атлет в нужные моменты занимал правильные ключевые положения в суставах, к примеру, в ходе этой растяжки продолжал выполнять подошвенное сгибание стопы в голеностопном суставе поднимаемой ноги. Динамическая растяжка всегда должна согласовываться с правильной техникой целевого движения, которую ни в коем случае нельзя нарушать.

Методика проприоцептивного нервно-мышечного упрощения

Методика растяжки, основанная на механизме **проприоцептивного нервно-мышечного упрощения** (ПНМУ / PNF - Proprioceptive neuromuscular facilitation) была первоначально разработана в качестве элемента программы реабилитации нервно-мышечного аппарата и была направлена на расслабление мускулатуры с повышенным тонусом или уровнем активности (90). Затем данная методика была расширена и стала применяться в спорте как метод увеличения гибкости атлетов. Методика проприоцептивного нервно-мышечного упрощения, как правило, предполагает участие партнера и наличие как пассивных движений, так и активных (концентрических и изометрических) мышечных действий. Растяжка, основанная на методике проприоцептивного нервно-мышечного упрощения, в ряде случаев может иметь преимущество над другими методиками растяжки, поскольку она способствует срабатыванию механизма торможения в мышце (21, 34, 53, 74, 80, 88, 91), хотя следует отметить, что правомерность данного утверждения не была подтверждена систематическим путем (28). Следует также сказать, что методика ПНМУ зачастую является неприменимой с практической точки зрения поскольку в большинстве движений требуется помощь со стороны партнера и

определенный опыт. Раздел ниже является своеобразным введением в растяжку по методике ПНМУ.

При выполнении растяжки по методике ПНМУ в целях способствования пассивному растягивающему воздействию используются три специальных мышечных действия. Перед пассивной растяжкой антагониста в целях запуска механизма аутогенного торможения используются как изометрические, так и концентрические мышечные действия антагониста (мышцы, которую растягивают). Изометрическое мышечное действие называют *удержанием*, а концентрическое мышечное действие *сокращением*. Концентрическое мышечное действие агониста, которое называют **сокращением агониста**, используется в ходе пассивного растяжения антагониста в целях запуска механизма реципрокного (взаимного) торможения. Каждая их техник также использует пассивное, статическое растяжение, которое называют *расслаблением*.

Выделяют три базовых вида растяжки, основанных на методике ПНМУ:

- Удержание-расслабление (15, 18, 21, 80, 88)
- Сокращение-расслабление (15, 21)
- Удержание-расслабление с сокращением агониста (18, 72)

Процесс растяжки по методике ПНМУ состоит из трех этапов. В каждом из трех указанных выше видов растяжки, на первом этапе в течение 10 секунд выполняется предварительное пассивное растяжение. Мышечные действия, используемые на втором и третьем этапах, различны для каждого из трех указанных видов растяжки; собственно, именно на основании действий на втором и третьем этапах эти три вида растяжки получили свои названия. На Рисунках ниже представлен пример использования методики ПНМУ применительно к работе, направленной на увеличение гибкости мускулатуры задней поверхности бедра (см. Рисунки 14.1 – 14.11).

Удержание-Расслабление

Работа в рамках методики удержания-расслабления начинается с предварительного пассивного растяжения, при котором следует сохранять положение умеренного дискомфорта в течение 10 секунд (Рисунок 14.3). Затем партнёр прилагает усилие в направлении сгибания ноги в тазобедренном суставе, а атлет получает команду “Удерживать ногу в этом положении и сопротивляться давлению со стороны партнера”, в результате чего атлет “удерживает” конечность и противодействует создаваемому партнером усилию, что приводит к запуску изометрического мышечного действия, которое следует поддерживать в течение 6 секунд (Рисунок 14.4). Затем атлет должен расслабиться, после чего конечность выводится в положение пассивного растяжения, которое удерживается в течение 30 секунд (Рисунок 14.5). На завершающем этапе, растяжка должна быть более

глубокой в силу аутогенного торможения (т.е. активации мускулатуры задней поверхности бедра).

Сокращение-расслабление

Техника сокращения-расслабления также предполагает, что на начальном этапе выполняется предварительное пассивное растяжение, при котором следует сохранять положение умеренного дискомфорта в течение 10 секунд (Рисунок 14.6). Затем атлет должен выполнить разгибание ноги в тазобедренном суставе таким образом, чтобы на всей амплитуде движения происходило концентрическое мышечное действие (Рисунок 14.7). Затем атлет должен расслабить мышцу, после чего конечность выводится в положение пассивной растяжки путем сгибания ноги в тазобедренном суставе в течение 30 секунд (Рисунок 14.8). Амплитуда движения увеличивается в силу аутогенного торможения (т.е. активации мускулатуры задней поверхности бедра). В альтернативном варианте данной техники, атлет должен пытаться выполнить разгибание ноги в тазобедренном суставе, а партнер должен этому противодействовать (69). Поскольку по сути данная техника по методологии очень близка к технике удержания-расслабления, метод сокращения-расслабления следует считать приоритетным.

Удержание-расслабление с сокращением агониста

Техника удержания-расслабления с сокращением агониста на первых двух этапах идентична методике удержания-расслабления (Рисунки 14.9 и 14.10). Однако, на третьем этапе в дополнение к пассивной растяжке используется концентрическое мышечное действие агониста для увеличения мощности растягивающего воздействия (Рисунок 14.11). Говоря другими словами, после изометрического удержания конечности, атлет выполняет сгибание ноги в тазобедренном суставе, тем самым увеличивая амплитуду. При использовании данной техники, финальная растяжка должна быть более эффективной и глубокой, в первую очередь за счет реципрокного торможения (т.е. активации сгибателей бедра) (69, 72), а во-вторых в силу аутогенного торможения (т.е. активации мускулатуры задней поверхности бедра) (72).

Техника удержания-расслабления с сокращением агониста является наиболее эффективной из всех методик растяжки, основанных на механизме проприоцептивного нервно-мышечного упрощения, поскольку в рамках данной техники задействуется как реципрокное (взаимное), так и аутогенное торможение



Рисунок 14.1 Исходное положение при растяжке мускулатуры задней поверхности бедра с использованием методики ПМНУ



Рисунок 14.2 Расположение рабочей конечности, тела и рук партнера при растяжке мускулатуры задней поверхности бедра с использованием методики ПМНУ



Рисунок 14.3 Предварительное пассивное растяжение мускулатуры задней поверхности бедра в рамках использования техники удержания-расслабления по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра



Рисунок 14.4 Изометрическое мышечное действие в рамках использования техники удержания-расслабления по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра



Рисунок 14.5 Увеличение амплитуды движения во время пассивной растяжки в рамках использования техники удержания-расслабления по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра

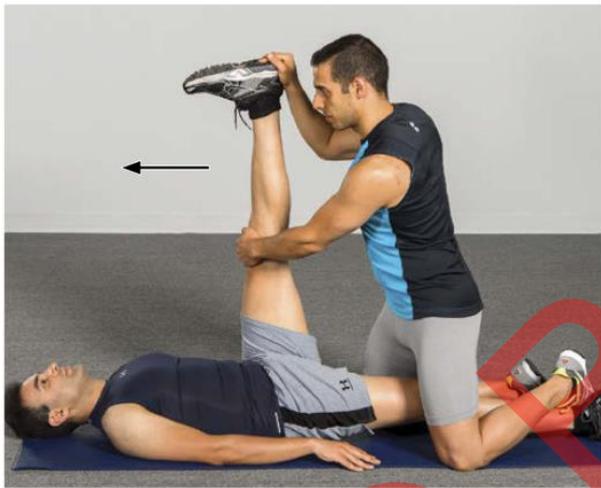


Рисунок 14.6 Предварительное пассивное растяжение мускулатуры задней поверхности бедра в рамках использования техники сокращения-расслабления по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра



Рисунок 14.7 Концентрическое действие мышц-разгибателей бедра в рамках использования техники сокращения-расслабления по методике ПМНУ



Рисунок 14.8 Увеличение амплитуды движения во время пассивной растяжки в рамках использования техники сокращения-расслабления по методике ПМНУ



Рисунок 14.9 Предварительное пассивное растяжение мускулатуры в рамках использования техники удержания-расслабления с сокращением агониста по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра



Рисунок 14.10 Изометрическое действие мускулатуры задней поверхности бедра в рамках использования техники удержания-расслабления с сокращением агониста по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра



Рисунок 14.11 Концентрическое сокращение четырёхглавой мышцы бедра (квадрицепса) в рамках использования техники удержания-расслабления с сокращением агониста по методике ПМНУ для растяжки мышц задней поверхности бедра, что позволяет добиться увеличения амплитуды движения на этапе пассивной растяжки

Наиболее широко используемые варианты применения методики ПМНУ при выполнении растяжки с помощью партнера

Ниже представлен перечень наиболее широко используемых упражнений растяжки, основанных на применении методики ПМНУ. Каждый из вариантов показан на соответствующем фото ниже.

- Икроножные мышцы и мускулатура задней поверхности голени (Рисунок 14.12)
- Грудные мышцы (Рисунок 14.13)
- Мускулатура паховой области (Рисунок 14.14)
- Мускулатура задней поверхности бедра и мышцы-разгибатели бедра (описание было дано ранее)

- Квадрицепсы и мышцы-сгибатели бедра (Рисунок 14.15)
- Мускулатура области плеча (Рисунок 14.16)



Рисунок 14.12 Растяжка икроножных мышц по методике ПМНУ с помощью партнера

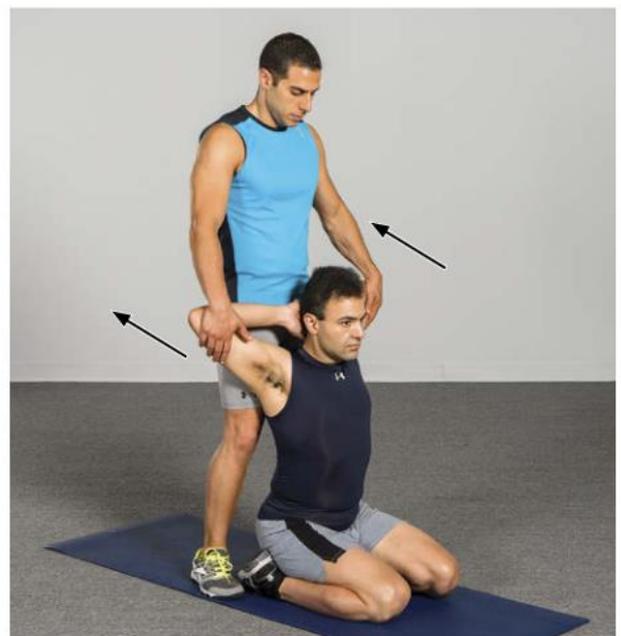


Рисунок 14.13 Растяжка грудных мышц по методике ПМНУ с помощью партнера



Рисунок 14.14 Растяжка мускулатуры паховой области по методике ПМНУ с помощью партнера



Рисунок 14.15 Растяжка квадрицепсов и мышц-сгибателей бедра по методике ПМНУ с помощью партнера



Рисунок 14.14 Растяжка мускулатуры области плеч по методике ПМНУ с помощью партнера

Заключение

Разминка способна давать преимущества, которые повышают работоспособность атлета в ходе последующей деятельности. Разминка должна быть нацелена на проработку двигательных шаблонов, воспроизводящих целевые движения в рамках выбранного спортивного направления или рода деятельности, что позволяет гарантировать оптимальный характер подготовки атлета к дальнейшей работе. Эффективное планирование разминки дает возможность оптимальным образом подготовить атлета к предстоящей тренировке, не вызывая ненужного утомления. Кроме того, разминку следует планировать таким образом, чтобы деятельность, осуществляемая атлетом на стадии разминки, как способствовала выполнению стоящих перед атлетом задач, так и развивала атлета в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

Оптимальный уровень гибкости с точки зрения работоспособности атлетов, различен для

каждого вида спорта, оптимальная гибкость очень тесно связана с теми типами движений, которые атлет должен выполнять в процессе деятельности. Концепция мобильности представляется более целесообразной, поскольку основное внимание уделяется активным движениям в рамках целевой амплитуды. Атлетам, перед которыми стоит задача увеличения гибкости, следует использовать статическую растяжку, а также растяжку по методике ПМНУ, поскольку они позволяют эффективным образом увеличивать амплитуду движений, вследствие чего эти методики предлагается включать в структуру долгосрочных тренировочных программ. При подготовке рекомендаций в части использования того или иного метода растяжки, профессионалам по силовой и кондиционной подготовке следует учитывать комбинацию таких факторов как индивидуальные особенности анатомии суставов, возраст и пол атлета, а также требования, диктуемые тем видом спорта, которым занимается атлет.

Методики статической растяжки

Шея

14.1 Взгляд влево и вправо

xxx

14.2 Сгибание и разгибание

xxx

Плечи и грудь

14.3 Прямые руки за спиной

xxx

14.4 Наклон назад сидя

xxx

Задняя поверхность плечевой части руки

14.5 Растяжка за головой (Куриное крылышко)

xxx

Верхняя часть спины

14.6 Сгибание руки перед собой

xxx

14.7 Прямые руки над головой (Колонна)

xxx

Нижняя часть спины

14.8 Скручивание корпуса (Кренделек)

xxx

14.9 Наклон вперед сидя, ноги согнуты

xxx

Область таза

14.10 Выпад вперед (Фехтовальщик)

xxx

14.11 Сгибание ноги в колене лежа

xxx

Туловище

14.12 Наклон корпуса с прямыми руками

xxx

14.13 Наклон корпуса с согнутыми руками

xxx

Передняя поверхность бедра и мышцы-сгибатели бедра

14.14 Растяжка квадрицепса лежа

xxx

Задняя поверхность бедра

14.15 Наклон вперед сидя

xxx

14.16 Наклон вперед сидя, одна нога прямая, другая согнута (поза “Четверка”)

xxx

Паховая область

14.17 Наклоны сидя с широко разведенными ногами (Парящий орел)

xxx

14.18 Бабочка

xxx

Икроножные мышцы

14.19 Растяжка облокотившись на стену

xxx

14.20 Растяжка с нашагиванием

xxx

Рекомендации по проведению статической растяжки

- Следует занять такое положение, которое способствует расслаблению.
- В положении растяжки вы должны испытывать умеренный дискомфорт. Если растяжка выполняется с помощью методики ПНМУ, необходимо договориться с партнером в части однозначных вербальных команд.
- Находитесь в положении растяжки от 15 до 30 секунд
- Выполняйте односторонние виды растяжки дважды, т.е. на правую и левую часть тела.

Меры предосторожности при проведении статической растяжки

- Ослабляйте глубину растягивающего воздействия в том случае, если чувствуете болевые симптомы, отдающую боль или потерю чувствительности.
- С особой осторожностью следует проводить растяжку в области гипермобильного сустава.
- Избегайте использования сложных комбинированных движений, которые подразумевают вовлечение позвоночного столба (к примеру, разгибание и боковой наклон [сгибание во фронтальной плоскости]).
- В целях защиты суставов, которые не участвуют в растяжке напрямую, а также для предотвращения прочих нежелательных движений следует активно использовать мышцы-стабилизаторы.

14.1 ВЗГЛЯД ВЛЕВО И ВПРАВО

1. Располагаясь стоя или сидя, поместите шею и голову в вертикальное положение.
2. Поверните голову вправо, используя концентрическое мышечное действие субмаксимального уровня.
3. Поверните голову влево, используя концентрическое мышечное действие субмаксимального уровня.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Грудино-ключично-сосцевидная мышца



Поворот головы вправо



Поворот головы влево

14.2 СГИБАНИЕ И РАЗГИБАНИЕ

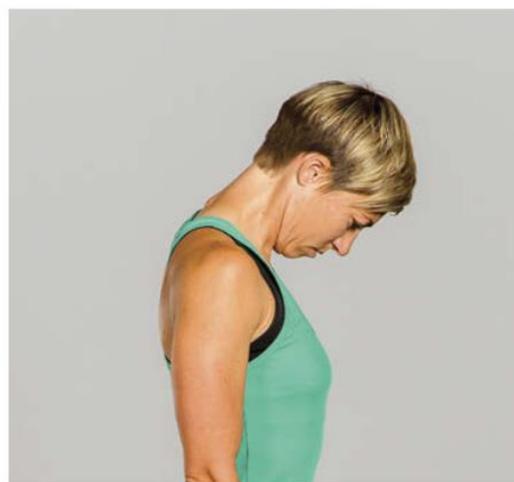
1. Располагаясь стоя или сидя, поместите шею и голову в вертикальное положение. Затем согните шею, коснувшись подбородком груди.
2. Если вы способны достать подбородком до груди, попробуйте сместить точку касания несколько ниже.
3. Разогните шею, пытаясь коснуться головой спины.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Грудино-ключично-сосцевидная мышца, подзатылочные мышцы, ременная мышца головы, ременная мышца шеи



Сгибание шеи



Разгибание шеи

14.3 ПРЯМЫЕ РУКИ ЗА СПИНОЙ

1. Находясь в положении стоя, поместите руки за спину.
2. Соедините ладони и сцепите пальцы в замок.
3. Полностью разогните руки в локтевых суставах.
4. Медленно поднимайте руки вверх, не сгибая их в локтях
5. Взгляд должен быть направлен вперед, а мускулатура шеи расслаблена

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Передние пучки дельтовидной мышцы, большая грудная мышца



Растяжка плечевых суставов в положении стоя

14.4 НАКЛОН НАЗАД СИДЯ

1. Займите положение сидя, выпрямите ноги, затем поместите ладони сзади себя, на расстоянии примерно 30 см (12 дюймов) от таза и выпрямите руки.
2. Пальцы должны быть направлены назад (от себя).
3. Медленно перемещайте ладони назад, тем самым увеличивая угол наклона туловища относительно вертикали.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Дельтовидные мышцы, большая грудная мышца



Растяжка плечевых суставов в положении сидя

14.5 РАСТЯЖКА РУКА ЗА ГОЛОВОЙ (“КУРИНОЕ КРЫЛЫШКО”)

1. Располагаясь стоя или сидя, отведите плечевую часть правой руки к голове и согните руку в локтевом суставе.
2. Ладонь правой руки должна переместиться в район левой лопатки.
3. Возьмитесь левой рукой за правый локоть.
4. Давите левой рукой на правый локоть в направлении головы для того, чтобы усилить эффект растяжки.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Трехглавая мышца плеча (трицепс),
широчайшая мышца спины



Растяжка трицепса

14.6 СГИБАНИЕ РУКИ ПЕРЕД СОБОЙ

1. Располагаясь стоя или сидя, вытяните левую руку перед собой, слегка согните ее в локтевом суставе (15° - 30°), а затем переместите ее в горизонтальной плоскости в направлении груди (т.е. выполните приведение левой руки к средней линии тела посредством сгибания в плечевом суставе).
2. Возьмитесь правой рукой за плечевую часть левой руки несколько выше локтевого сустава, расположив ладонь с тыльной стороны плечевой части левой руки.
3. Давите правой рукой на левую в направлении груди.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Задние пучки дельтовидной мышцы, ромбовидная мышца, средняя часть трапецевидной мышцы



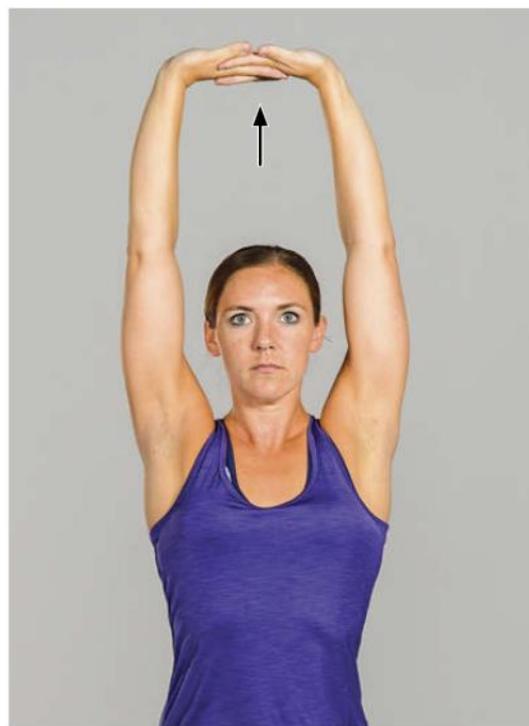
Растяжка верхней части спины

14.7 ПРЯМЫЕ РУКИ НАД ГОЛОВОЙ (“КОЛОННА”)

1. Займите положение стоя, поместите руки перед собой, сцепите пальцы в замок таким образом, чтобы ладони были направлены вперед.
2. Медленно поднимите руки над головой так, чтобы ладони были направлены вверх.
3. Заняв положение, описанное в пункте 2, тянитесь вверх руками и ладонями.
4. Продолжая тянуться вверх, выполните небольшой наклон назад.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Широчайшая мышца спины



Растяжка верхней части спины и предплечий

14.8 СКРУЧИВАНИЕ КОРПУСА (“КРЕНДЕЛЕК”)

1. Займите положение сидя, при этом, ноги необходимо выпрямить, а корпус должен располагаться практически вертикально. Заняв указанное положение, поставьте правую стопу с левой стороны от левого колена.
2. Переместите левую руку таким образом, чтобы она располагалась с правой стороны от коленного сустава правой ноги (в котором теперь согнута правая нога).
3. Поставьте ладонь правой руки на пол сзади от себя в 30-40 см (12-16 дюймов) от таза.
4. Давите локтем левой руки на правое колено, при это, скручивая корпус и поворачивая голову вправо настолько, насколько это возможно. Попробуйте посмотреть себе за спину

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Внутренние косые мышцы живота, наружные косые мышцы живота, грушевидная мышца, мышца выпрямляющая позвоночник



Растяжка нижней части спины и косых мышц живота

14.9 НАКЛОН ВПЕРЕД СИДЯ С СОГНУТЫМИ НОГАМИ

1. Займите положение сидя, при этом, ноги должны быть согнуты в коленных суставах под углом в 30° - 50° и полностью расслаблены.
2. Колени должны быть направлены в стороны, при этом латеральная поверхность ноги в области коленного сустава может либо касаться, либо не касаться пола.
3. Выполните наклон вперед, согнувшись в поясе, после чего потянитесь вперед прямыми руками.

Внимание: сгибание ног в коленных суставах и расслабление мышц ног снижает степень вовлечения мускулатуры задней поверхности бедра, и увеличивает мощность растягивающего воздействия нижней части спины

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Мышца, выпрямляющая позвоночник



Растяжка нижней части спины в положении сидя

14.10 ВЫПАД ВПЕРЕД (“ФЕХТОВАЛЬЩИК”)

1. Находясь в положении стоя, сделайте правой (рабочей) ногой достаточно длинный шаг вперед, сгибайте правую ногу в коленном суставе до тех пор, пока колено не окажется непосредственно над правой стопой (по аналогии с тем, как следует выполнять упражнение выпады со свободными отягощениями).
2. Правая стопа должна быть прижата к полу всей поверхностью.
3. Нерабочая нога должна двигаться только в вертикальной плоскости.
4. Стопы обеих ног должны быть направлены в одном направлении; пятку нерабочей ноги можно отрывать от пола.
5. Туловище следует держать вертикально, а руки рекомендуется поставить на таз или на бедро рабочей ноги.
6. Медленно опускайте таз в направлении вперед и вниз.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Подвздошно-поясничная мышца, прямая мышца бедра



Растяжка сгибателей бедра

14.11 СГИБАНИЕ НОГИ В КОЛЕНЕ ЛЕЖА

1. Займите положение лежа и выпрямите ноги.
2. Согните правую ногу в коленном и тазобедренном суставах, при этом поднимая бедро к груди.
3. Возьмитесь обеими ладонями под коленом и продолжайте поднимать бедро к груди, притягивая его с помощью рук.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Мышцы-разгибатели бедра (большая ягодичная мышца и мускулатура задней поверхности бедра)



Растяжка ягодичных мышц и мускулатуры задней поверхности бедра

14.12 НАКЛОН КОРПУСА С ПРЯМЫМИ РУКАМИ

1. Вставьте прямо, стопы должны располагаться на ширине плеч.
2. Сцепите пальцы в замок таким образом, чтобы ладони были направлены вперед.
3. Поднимите руки над головой так, чтобы ладони были направлены вверх, после этого продолжайте тянуться вверх прямыми руками.
4. Не сгибая руки, наклоните корпус влево, сгибаясь в области пояса. Ноги сгибать в коленях не следует.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Наружные косые мышцы живота, широчайшая мышца спины, передняя зубчатая мышца



Растяжка косых мышц живота и верхней части спины

14.13 НАКЛОН КОРПУСА С СОГНУТЫМИ РУКАМИ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться на ширине плеч.
2. Согните правую руку в локтевом суставе и выведите локоть в область над головой.
3. Поместите правую ладонь на левое плечо.
4. Возьмитесь левой ладонью за правый локоть.
5. Потяните правый локоть за голову.
6. Сохраняя руки в согнутом положении, наклоните корпус влево, сгибаясь в области пояса.
7. Ноги сгибать в коленях не следует.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Наружные косые мышцы живота, широчайшая мышца спины, передняя зубчатая мышца, трехглавая мышца плеча



Растяжка косых мышц живота, трицепса и верхней части спины

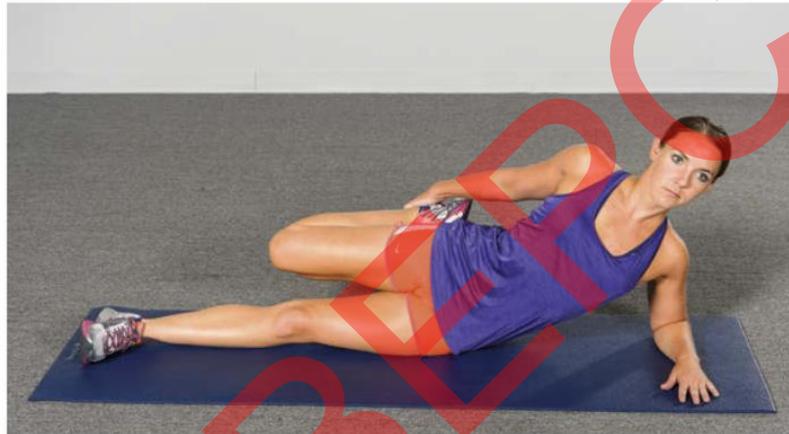
14.14 РАСТЯЖКА ЧЕТЫРЕХГЛAVОЙ МЫШЦЫ БЕДРА (КВАДРИЦЕПСА) ЛЕЖА

1. Лягте на левый бок и выпрямите ноги.
2. Положите левую руку на пол таким образом, чтобы предплечье и ладонь были полностью прижаты к полу.
3. Плечевая часть левой руки должна располагаться под углом в 45° к туловищу.
4. Согните правую ногу (в коленном суставе), при этом, пятка правой ноги должна переместиться в область ягодиц.
5. Положите правую руку на область голеностопа правой ноги и притяните ее к области ягодиц

Внимание: растяжка целевой мускулатуры является результатом сгибания ноги в коленном суставе и разгибания ноги в тазобедренном суставе

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Четырехглавая мышца бедра, подвздошно-поясничная мышца



Растяжка квадрицепса

14.15 НАКЛОН ВПЕРЕД СИДЯ

1. Займите положение сидя и выпрямите ноги, корпус должен располагаться практически вертикально.
2. Наклоните корпус вперед и возьмитесь за носки ног руками. Слегка тяните носки в направлении верхней части тела, при этом перемещая грудь к ногам. Если ваша гибкость не позволяет взяться за носки, беритесь за область голени.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Мускулатура задней поверхности бедра, икроножная мышца, мышца выпрямляющая позвоночник



Растяжка мускулатуры задней поверхности бедра и мышц нижней части спины

14.16 НАКЛОН ВПЕРЕД СИДЯ, ОДНА НОГА ПРЯМАЯ, ДРУГАЯ СОГНУТА (“ЧЕТВЕРКА”)

1. Займите положение сидя и выпрямите ноги, корпус должен располагаться практически вертикально.
2. Согните правую ногу и переместите стопу в область медиальной поверхности коленного сустава левой ноги. Латеральная поверхность правой ноги должна располагаться на полу.
3. Выполните наклон корпуса вперед, посредством сгибания в тазобедренном суставе, и возьмитесь левой рукой за носок левой ноги. Слегка потяните носок в направлении верхней части тела, при этом перемещая грудь к левой ноге.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Икроножная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, мышца выпрямляющая позвоночник



Растяжка мускулатуры задней поверхности бедра и мышц нижней части спины

14.17 НАКЛОНЫ СИДЯ С ШИРОКО РАЗВЕДЕННЫМИ НОГАМИ (“ПАРЯЩИЙ ОРЕЛ”)

1. Займите положение сидя и выпрямите ноги, корпус должен располагаться практически вертикально. Выполните отведение ног в тазобедренном суставе, разведя ноги максимально широко.
2. Возьмитесь за пальцы левой ноги обеими руками и притяните их к себе, при этом перемещая грудь к левой ноге.
3. Выполните повторный наклон к центру, держась правой рукой за носок правой ноги, а левой рукой за носок левой ноги.

Наклоняйте туловище по направлению вперед и вниз.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Икроножная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, мышца выпрямляющая позвоночник, приводящая мускулатура бедра, портняжная мышца



Растяжка мускулатуры задней поверхности бедра и приводящей мускулатуры бедра



Растяжка мускулатуры задней поверхности бедра и приводящей мускулатуры бедра и мышц нижней части спины

14.18 БАБОЧКА

1. Займите положение сидя и выпрямите ноги, корпус должен располагаться практически вертикально. Затем согните обе ноги в коленных суставах, таким образом, чтобы стопы вошли в соприкосновение.
2. Переместите стопы к области таза.
3. Поместите ладони на голеностопные суставы, а локти положите на коленные суставы.

4. Медленно наклоняйте корпус, позволяя локтям давить вертикально вниз, тем самым, выполняя отведение бедер.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Приводящая мускулатура бедра, портняжная мышца



Растяжка приводящей мускулатуры бедра

14.19 РАСТЯЖКА В ПОЛОЖЕНИИ ОБЛОКОТИВШИСЬ НА СТЕНУ

1. Встаньте лицом к стене, стопы должны располагаться на ширине плеч, расстояние между стеной и носками должно равняться примерно 0.6 м (2 фута).
2. Наклонитесь вперед, положив ладони на стену.
3. Сделайте рабочей ногой шаг назад длиной примерно 0.6 м (2 фута), при этом нерабочую ногу следует согнуть в коленном суставе.
4. Выпрямите рабочую ногу в коленном суставе и опустите пятку на пол для выполнения растяжки.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Икроножная мышца, камбаловидная мышца;
Ахиллесово сухожилие



Растяжка икроножных мышц

14.20 РАСТЯЖКА С НАШАГИВАНИЕМ

1. Поместите основание стопы рабочей ноги на гимнастический степ или ступеньку высотой 8-10 см (3-4 дюйма), при этом нерабочая нога должна стоять на горизонтальной поверхности ступеньки, контактируя с ней всей поверхностью.
2. Выпрямив рабочую ногу в коленном суставе, перемещайте пятку этой ноги вниз на максимально возможное расстояние.
3. Повторите движение, поменяв ноги.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Икроножная мышца, камбаловидная мышца;
Ахиллесово сухожилие



Растяжка икроножной мышцы стоя на гимнастическом степе

Методики динамической растяжки

14.21 Махи руками	xxx	14.27 Ходьба пятка-к-носку	xxx
14.22 Гусеница	xxx	14.28 Перешагивание и проход под барьером	xxx
14.23 Ходьба выпадами	xxx	14.29 Обратная растяжка мускулатуры задней поверхности бедра	xxx
14.24 Ходьба выпадами с наклоном в сторону с одной рукой над головой (оверхэд)	xxx	14.30 Марш на прямых ногах	xxx
14.25 Ходьба с подъемом колена	xxx	14.31 Движение человека-паука	xxx
14.26 Выпад вперед с касанием локтем подъема стопы	xxx		

Рекомендации по проведению динамической растяжки

- Следует выполнять 10-15 повторений каждого движения, либо на одном месте, либо преодолевая в ходе упражнения заданную дистанцию.
- Если можете, старайтесь увеличивать амплитуду движения с каждым повторением.
- При необходимости, увеличивайте скорость выполнения движений в следующих подходах, однако всегда сохраняйте должный уровень контроля над движениями.
- Всегда активным образом контролируйте мышечные действия на всей амплитуде выполняемых движений.
- При необходимости, с помощью упражнений на растяжку старайтесь моделировать движения из того вида спорта, которым занимается атлет.

Меры предосторожности при проведении динамической растяжки

- Выполняйте движения в рамках соответствующей амплитуды постепенно.
- Выполняйте движение осознанно, не используя “отскок” (сохраняйте постоянный контроль).
- Не стоит нарушать правильную технику в целях увеличения амплитуды.

14.21 МАХИ РУКАМИ

1. Встаньте прямо, поднимите руки перед собой таким образом, чтобы они располагались параллельно поверхности пола.
2. Двигаясь шагом на заранее определенную дистанцию, выполните мах вправо двумя руками одновременно, при этой левую руку необходимо переместить в район груди, пальцы левой руки должны быть направлены перпендикулярно плоскости туловища (латерально вправо), а правая рука должна быть отведена назад за плоскость туловища.
3. Делая следующий шаг, смените направление маха, одновременно выполняемого обеими руками, на противоположное, т.е. влево.
4. Движение в верхней части тела должно осуществляться только в плечевых суставах (т.е. голова и туловище должны быть направлены вперед по ходу всего движения).
5. Во время движения выполняйте одновременные махи руками вправо и влево.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Широчайшая мышца спины, большая круглая мышца, передние и задние пучки дельтовидной мышцы, большая грудная мышца



14.22 ГУСЕНИЦА

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться на ширине плеч.
2. Слегка согнув ноги в коленях, наклонитесь вперед за счет сгибания в поясе и поставьте ладони на пол перед собой на ширину плеч.
3. Основной вес тела должен оставаться в проекции стоп и таза (атлет не должен переносить вес тела на руки), при этом, таз следует поднять высоко вверх – представьте, что с помощью своего тела вы делаете фигуру, напоминающую перевернутую букву V.
4. Медленно разгибайтесь, поочередно перемещая ладони вперед по поверхности пола на манер коротких шагов до тех пор, пока ваше тело не займет положение упор лежа (положение для отжиманий).
5. Делая короткие шаги, подойдите стопами к ладоням, ноги при этом должны быть слегка согнуты в коленных суставах.
6. Повторяйте движение, исходя из заранее определенной дистанции выполнения упражнения.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Мышца выпрямляющая позвоночник, икроножная мышца, большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, камбаловидная мышца, передняя большеберцовая мышца



14.23 ХОДЬБА ВЫПАДАМИ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Сделайте длинный шаг вперед левой ногой прижимая стопу к полу всей поверхностью, стопа должна быть направлена точно вперед.
3. Позвольте левой ноге медленно согнуться в тазобедренном и коленном суставах, при этом левое колено должно располагаться непосредственно в вертикальной проекции левой стопы.
4. Слегка согните правую ногу в колене и позвольте ей опускаться вниз до тех пор, пока колено не окажется в 3-5 см (1-2 дюйма) от пола. Стопа правой ноги должна быть направлена точно вперед.
5. Центр тяжести должен располагаться непосредственно в середине отрезка между основанием правой стопы и левой стопой.
6. Сохраняйте вертикальное положения туловища, "сидя" на правую ногу.
7. Мощным движением оттолкнитесь от пола, за счет разгибания в тазобедренном и коленном суставах левой ноги.
8. Поставьте правую стопу к левой, движения в латеральном (боковом) направлении быть не должно.
9. Встаньте прямо, сделайте паузу, после чего выполните шаг вперед правой ногой. После завершения движения, повторяйте упражнение с каждым шагом перемещаясь вперед.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, четырехглавая мышца бедра



14.24 ХОДЬБА ВЫПАДАМИ С НАКЛОНОМ В СТОРОНУ С ОДНОЙ РУКОЙ НАД ГОЛОВОЙ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Сделайте длинный шаг вперед левой ногой прижимая стопу к полу всей поверхностью, стопа должна быть направлена точно вперед.
3. Позвольте левой ноге медленно согнуться в тазобедренном и коленном суставах, при этом левое колено должно располагаться непосредственно в вертикальной проекции левой стопы.
4. Слегка согните правую ногу в колене и позвольте ей опускаться вниз до тех пор, пока колено не окажется в 3-5 см (1-2 дюйма) от пола. Стопа правой ноги должна быть направлена точно вперед.
5. Поднимите правую руку вертикально вверх, и выполните наклон туловища латерально в направлении левой ноги.
6. Верните туловище в вертикальное положение и мощным движением оттолкнитесь от пола за счет разгибания в тазобедренном и коленном суставах левой ноги.
7. Поставьте правую стопу к левой, движения в латеральном (боковом) направлении быть не должно.
8. Встаньте прямо, сделайте паузу, после чего выполните шаг вперед правой ногой. После завершения движения, повторяйте упражнение с каждым шагом перемещаясь вперед.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, широчайшая мышца спины, внутренняя и наружная косые мышцы живота, прямая мышца бедра



14.25 ХОДЬБА С ПОДЪЕМОМ КОЛЕНА

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Сделайте шаг вперед левой ногой и на ходу согните правую ногу в тазобедренном и коленном суставах, тем самым, перемещая бедро правой ноги в направлении груди.
3. Возьмитесь руками за правую ногу в районе передней поверхности колена/верхней части голени и притяните ее с помощью рук еще ближе к груди.
4. Одновременно со сгибанием правой ноги в тазобедренном и коленном суставах, выполните подошвенное сгибание левой стопы.
5. Сохраняя вертикальное положение туловища, сделайте короткую паузу, а затем сделайте шаг правой ногой.
6. Переместите вес тела на правую ногу и повторите движение, поднимая бедро левой ноги.
7. Двигайтесь вперед с каждым шагом увеличивая амплитуду и скорость выполнения упражнения.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра

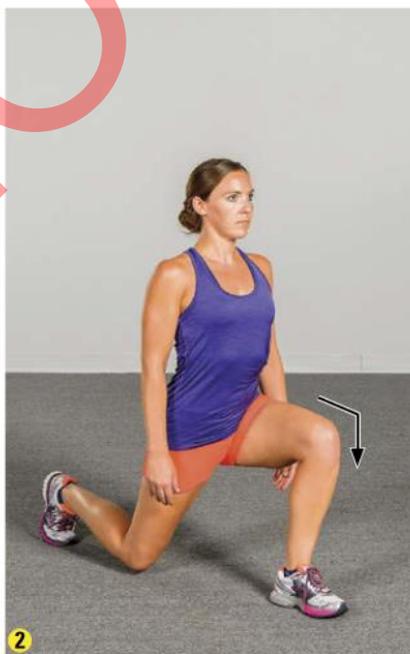


14.26 ВЫПАД ВПЕРЕД С КАСАНИЕМ ЛОКТЕМ ПОДЪЕМА СТОПЫ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Сделайте длинный шаг вперед левой ногой прижимая стопу к полу всей поверхностью, стопа должна быть направлено точно вперед.
3. Позвольте левой ноге медленно согнуться в тазобедренном и коленном суставах, при этом левое колено должно располагаться непосредственно в вертикальной проекции левой стопы.
4. Слегка согните правую ногу в колене и позвольте ей опускаться вниз до тех пор, пока колено не окажется в 3-5 см (1-2 дюйма) от пола. Стопа правой ноги должна быть направлена точно вперед.
5. Наклоните корпус вперед, поднимите левую руку и коснитесь локтем левой руки подъема левой стопы (область костей плюсны левой стопы), правую руку можно поставить на пол для сохранения равновесия.
6. Верните туловище в вертикальное положение, а затем мощным движением оттолкнитесь от пола за счет разгибания в тазобедренном и коленном суставах левой ноги.
7. Поставьте правую стопу к левой, движения в латеральном (боковом) направлении быть не должно.
8. Встаньте прямо, сделайте паузу, после чего выполните шаг вперед правой ногой. После завершения движения, повторяйте упражнение с каждым шагом перемещаясь вперед.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Двуглавая мышца бедра, мышца выпрямляющая позвоночник, икроножная мышца, большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, широчайшая мышца спины, внутренняя и наружная косые мышцы живота, четырехглавая мышца бедра, прямая мышца бедра, камбаловидная мышца



14.27 ХОДЬБА ПЯТКА-К-НОСКУ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Сделайте короткий шаг вперед правой ногой, при этом, первой в соприкосновение с полом должна войти пятка правой ноги, после чего следует выполнить подошвенное сгибание стопы.
3. Сделайте своеобразный перекал вперед на основание стопы и за счет подошвенного сгибания в голеностопном суставе переместите тело как можно выше вверх.
4. Сделайте маховое движение вперед левой ногой для того, чтобы выполнить следующий короткий шаг вперед.
5. Повторите описанную выше последовательность действий левой ногой, с каждым шагом перемещаясь вперед.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Икроножная мышца, камбаловидная мышца, передняя большеберцовая мышца



14.28 ПЕРЕШАГИВАНИЕ И ПРОХОД ПОД БАРЬЕРОМ

1. Встаньте прямо, стопы должны располагаться параллельно друг другу на ширине плеч.
2. Согните левую ногу в тазобедренном и коленном суставах после чего отведите левое бедро до тех пор, пока оно не станет располагаться параллельно опорной поверхности.
3. Сделайте шаг в направлении латерально влево, при этом перешагивая через первый барьер.
4. Поставьте левую ногу на опорную поверхность таким образом, чтобы она занимала устойчивое положение, затем переместите вес тела на левую ногу, после чего перенесите над первым барьером правую ногу.
5. После того, как правая нога будет перенесена через барьер и займет устойчивое положение на опорной поверхности, встаньте прямо, сделайте короткую паузу, затем выполните сгибание обеих ног в тазобедренном и коленном суставах, а также подошвенное сгибание стоп в голеностопных суставах, в результате чего ваше тело должно принять положение нижней точки приседа.
6. Разогните левую ногу в латеральном направлении на манер того, как выполняется выпад в сторону.
7. Не выпрямляясь (не позволяя центру масс тела переместиться вверх в вертикальной плоскости), пройдите под вторым барьером, двигаясь в латеральном направлении.
8. Встаньте прямо, сделайте паузу, после чего выполните движение в обратном направлении, пройдя под вторым барьером и перешагнув через первый.

Внимание: если барьеры отсутствуют, их можно представлять, по-прежнему выполняя соответствующие движения в латеральном направлении, имитируя перешагивание и проход.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Отводящая мускулатура бедра, приводящая мускулатура бедра, икроножная мышца, большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, прямая мышца бедра, камбаловидная мышца



14.29 ОБРАТНАЯ РАСТЯЖКА МУСКУЛАТУРЫ ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕДРА

1. Встаньте в полный рост, и сделайте короткий шаг вперед левой ногой
2. Согнитесь в поясе.
3. Тянитесь одновременно вперед левой рукой и назад правой ногой.
4. Старайтесь допускать вращения бедер.
5. Необходимо занять такое положение, в котором вы должны почувствовать растяжение мускулатуры задней поверхности бедра, однако, фактическая задача заключается в том, чтобы расположить туловище параллельно плоскости опорной поверхности.
6. Потянитесь правой рукой вниз к опорной поверхности.
7. Вернитесь в исходное положение за счет активного действия мускулатуры задней поверхности бедра и ягодичной мышцы ноги, которая стоит на полу.
8. Сделайте шаг вперед и повторите движение с другой ногой.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, отводящая мускулатура бедра, приводящая мускулатура бедра, мышца выпрямляющая позвоночник



14.30 МАРШ НА ПРЯМЫХ НОГАХ

1. Встаньте в полный рост, и поднимите прямые руки перед собой.
2. Встаньте на носок левой ноги и одновременно с этим поднимите правую ногу вперед и вверх, используя маховое движение прямой ногой. Ваша задача заключается в том, чтобы движение выполнялось активным образом и имело максимальную амплитуду.
3. После того, как нога достигнет наивысшей точки, следует выполнить активное разгибание ноги в тазобедренном суставе и вернуть ее в исходное положение.
4. Сохраняйте вертикальное положение туловища в ходе всего движения.
5. Двигаясь вперед, смените ногу и повторите движение.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, прямая мышца бедра



14.31 ДВИЖЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА-ПАУК

1. Займите положение “упор лежа”, после чего согните руки в локтях таким образом, чтобы ваше тело опустилось несколько ниже.
2. Выполните сгибание и вращение наружу левой ноги в тазобедренном суставе так, чтобы колено левой ноги находилось с внешней стороны левого локтя.
3. Переместите ладони в направлении вперед и поперек центральной линии тела относительно того положения, которое тело занимает на Рис. 1.
4. Выполнив указанное, переместите вперед правую ногу и поставьте ее к правой руке и повторите движение.
5. Повторяйте движение, перемещаясь на заданную дистанцию и меняя ноги.

МЫШЦЫ, КОТОРЫЕ РАСТЯГИВАЮТСЯ

Двуглавая мышца бедра, мышца выпрямляющая позвоночник, большая ягодичная мышца, мускулатура задней поверхности бедра, подвздошно-поясничная мышца, широчайшая мышца спины, внутренняя и наружная косые мышцы живота, четырехглавая мышца бедра, прямая мышца бедра, камбаловидная мышца



Ключевые термины

Активная растяжка	Пластичность	Статическая гибкость
Амплитуда движений (ROM)	Повышение, Активация и	Статическая растяжка
Аутогенное торможение	Мобилизация, Потенцирование	Сухожильный орган Гольджи (СОГ)
Баллистическая растяжка	(ПАМП)	Удержание-расслабление
Блоковидный сустав	Потенцирование	Удержание-расслабление с сокращением агониста
Гибкость	Проприоцептивное нервно-мышечное упрощение (ПНМУ)	Упражнения на мобильность
Динамическая гибкость	Рефлекс растяжения мышц	Упругость
Динамическая растяжка	Реципрокное торможение	Фиброз
Механорецептор	Сокращение агониста	Шаровидный сустав
Мышечные веретена	Сокращение-расслабление	Эллипсоидный сустав
Общая разминка	Специальная разминка	
Пассивная растяжка		

Вопросы для закрепления материала

1. Какой из перечисленных ниже видов воздействия разминки является нетемпературным (не связан с изменением температуры тела)?
 - a. повышение активности нервной системы
 - b. разрушение неустойчивых связей в соединительных тканях
 - c. повышение базового уровня потребления кислорода
 - d. повышение температуры мускулатуры
2. Во время стимуляции, осуществляемой посредством растяжки по методике ПНМУ, Сухожильный орган Гольджи позволяет расслабить
 - a. растягиваемую мышцу за счет сокращения мышцы-антагониста
 - b. мышцу-антагониста за счет сокращения растягиваемой мышцы
 - c. мышцу-антагониста за счет ее сокращения
 - d. растягиваемую мышцу за счет ее сокращения
3. Какой из перечисленных ниже методов растяжки позволяет добиться снижения стимуляции мышечных веретен?
 - a. динамическая
 - b. баллистическая
 - c. статическая
 - d. пассивная
4. Стимуляция мышечных веретен вызывает
 - a. расслабление СГО
 - b. расслабления растягиваемой мышцы
 - c. сокращение растягиваемой мышцы
 - d. сокращение мышцы-антагониста
5. После применения техники удержания-расслабления с сокращением агониста в рамках методики ПНМУ в целях растяжки мускулатуры задней поверхности бедра, какой из перечисленных ниже эффектов обуславливает повышение гибкости?
 - I. аутогенное торможение
 - II. растягивающее торможение
 - III. реципрокное торможение
 - IV. перекрестное торможение разгибателей
 - a. только I и III
 - b. только II и IV
 - c. I, II, и III
 - d. II, III, и IV

Список использованной литературы

1. Andersen, JC. Stretching before and after exercise: Effect on muscle soreness and injury risk. *J Athl Train* 40:218-220, 2005.
2. Anthony, CP, and Kolthoff, NJ. *Textbook of Anatomy and Physiology*. 9th ed. St. Louis: Mosby, 1975.
3. Asmussen, E, Bonde-Peterson, F, and Jorgenson, K. Mechano-elastic properties of human muscles at different temperatures. *Acta Physiol Scand* 96:86-93, 1976.
4. Bandy, WD, and Irion, JM. The effect of time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 74:845-852, 1994.
5. Bandy, WD, Irion, JM, and Briggler, M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the ham-string muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 27:295-300, 1998.
6. Bandy, WD, Irion, JM, and Briggler, M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Phys Ther* 77:1090-1096, 1997.
7. Behm, DG, Bambury, A, Cahill, F, and Power, K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc* 36:1397-1402, 2004.
8. Behm, DG, Button, DC, and Butt, JC. Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Can J Appl Physiol* 26:261-272, 2001.
9. Bergh, U, and Ekblom, B. Influence of muscle temperature on maximal strength and power output in human muscle. *Acta Physiol Scand* 107:332-337, 1979.
10. Bishop, D. Warm-up. Potential mechanisms and the effects of passive warm-up on performance. *Sports Med* 33:439-454, 2003.
11. Bishop, D. Warm up II. Performance changes following active warm-up and how to structure the warm-up. *Sports Med* 33:483-498, 2003.
12. Blazeovich, AJ, Cannavan, D, Waugh, CM, Fath, F, Miller, SC, and Kay, AD. Neuromuscular factors influencing the maximum stretch limit of the human plantar flexors. *J Appl Physiol* 113(9):1446-1455, 2012
13. Brodowicz, GR, Welsh, R, and Wallis, J. Comparison of stretching with ice, stretching with heat, or stretching alone on hamstring flexibility. *J Athl Train* 31:324-327, 1996.
14. Burkett, LN, Phillips, WT, and Ziuraitis, J. The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men. *J Strength Cond Res* 19:673-676, 2005.
15. Chery, DB. Review of physical therapy alternatives for reducing muscle contracture. *Phys Ther* 60:877-881, 1980.
16. Church, JB, Wiggins, MS, Moode, FM, and Crist, R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 15:332-336, 2001.
17. Cipriani, D, Abel, B, and Pirwitz, D. A comparison of two stretching protocols on hip range of motion: Implications for total daily stretch duration. *J Strength Cond Res* 17:274-278, 2003.
18. Condon, SM, and Hutton, RS. Soleus muscle electromyographic activity and ankle dorsiflexion range of motion during four stretching procedures. *Phys Ther* 67:24-30, 1987.
19. Cook, G. *Movement: Functional Movement Systems: Screening Assessment and Corrective Strategies*. Aptos, CA: On Target, 19, 2010.
20. Corbin, CB, Dowell, LJ, Lindsey, R, and Tolson, H. *Concepts in Physical Education*. Dubuque, IA: Brown, 1-320, 1978.
21. Cornelius, WJ. The effective way. *NSCA J* 7:62-64, 1985.
22. Cornelius, WJ, and Hinson, MM. The relationship between isometric contractions of hip extensors and subsequent flexibility in males. *Sports Med Phys Fitness* 20:75-80, 1980.
23. Cornwell, A, Nelson, AG, and Sidaway, B. Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol* 86:428-434, 2002.
24. Covert, CA, Alexander, MP, Petronis, JJ, and Davis, DS. Comparison of ballistic and static stretching on hamstring muscle length using an equal stretching dose. *J Strength Cond Res* 24:3008-3014, 2010.
25. Cramer, JT, Housh, TJ, Coburn, JW, Beck, TW, and Johnson, GO. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res* 20:354-358, 2006.
26. Cramer, JT, Housh, TJ, Johnson, GO, Miller, JM, Coburn, JW, and Beck, TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. *J Strength Cond Res* 18:236-241, 2004.
27. Cramer, JT, Housh, TJ, Weir, JP, Johnson, GO, Coburn, JW, and Beck, TW. The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol* 93:530-539, 2005.
28. Davis, DS, Ashby, PE, McCale, KL, McQuain, JA, and Wine, JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *J Strength Cond Res* 19:27-32, 2005.
29. Depino, GM, Webright, WG, and Arnold, BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train* 35:56-59, 2000.
30. deVries, HA, and Housh, TJ. *Physiology of Exercise for Physical Education, Athletics and Exercise Science*. 5th ed. Dubuque, IA: Brown, 1995.
31. de Weijer, VC, Gorniak, GC, and Shamus, E. The effect of static stretch and warm-up exercise on hamstring length over the course of 24 hours. *J Orthop Sports Phys Ther* 33:727-733, 2003.
32. Earle, RW, and Baechle, TR, eds. *NSCA's Essentials of Personal Training*. Champaign, IL: Human Kinetics, 267-294, 2004.
33. Enoka, RM. *Neuromechanics of Human Movement*. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 305-309, 2008.
34. Etnyre, BR, and Abraham, LD. Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *Am J Phys Med* 65:189-196, 1986.
35. Evetovich, TK, Nauman, NJ, Conley, DS, and Todd, JB. Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *J Strength Cond Res* 17:484-488, 2003.

36. Faigenbaum, AD, Bellucci, M, Bernieri, A, Bakker, B, and Hoorens, K. Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *J Strength Cond Res* 19:376-381, 2005.
37. Fleck, SJ, and Kraemer, WJ. *Designing Resistance Training Programs*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 142, 2004.
38. Fletcher, IM, and Jones, B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players. *J Strength Cond Res* 18:885-888, 2004.
39. Flexibility: Roundtable. *NSCA J* 6:10-22, 71-73, 1984.
40. Fox, EL. *Sports Physiology*. Philadelphia: Saunders, 240-350, 1979.
41. Fradkin, AJ, Gabbe, BJ, and Cameron, PA. Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomised controlled trials. *J Sci Med Sport* 9:214-220, 2006.
42. Fradkin, AJ, Zazryn, TR, and Smoliga, JM. Effects of warming up on physical performance: A systematic review with meta analysis. *J Strength Cond Res* 24:140-148, 2010.
43. Funk, DC, Swank, AM, Mikla, BM, Fagan, TA, and Farr, BK. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res* 17:489-492, 2003.
44. Getchell, B. *Physical Fitness: A Way of Life*. New York: Wiley, 1-53, 1979.
45. Gleim, GW, and McHugh, MP. Flexibility and its effects on sports injury and performance [review]. *Sports Med* 24:289-299, 1997.
46. Gremion, G. Is stretching for sports performance still useful? A review of the literature. *Rev Med Suisse* 27:1830-1834, 2005.
47. Hart, L. Effect of stretching on sport injury risk: A review. *Med Sci Sports Exerc* 36:371-378, 2004.
48. Hedrick, A. Dynamic flexibility training. *Strength Cond J* 22:33-38, 2000.
49. Hedrick, A. Flexibility, body-weight and stability ball exercises. In *NSCA's Essentials of Personal Training*. Earle, RW, and Baechle, TR, eds. Champaign, IL: Human Kinetics, 268-294, 2004.
50. Herbert, RD, and Gabriel, M. Effects of stretching before and after exercise on muscle soreness and risk of injury: A systematic review. *Br Med J* 325:468-470, 2002.
51. Hoffman, J. *Physiological Aspects of Sports Training and Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics, 156, 2002.
52. Holland, GJ. The physiology of flexibility: A review of the literature. *Kinesiol Rev* 1:49-62, 1966.
53. Holt, LE, Travis, TM, and Okia, T. Comparative study of three stretching techniques. *Percept Mot Skills* 31:611-616, 1970.
54. Jeffreys, I. Warm-up revisited: The ramp method of optimizing warm-ups. *Prof Strength Cond* 6:12-18, 2007.
55. Johansson, PH, Lindstrom, L, Sundelin, G, and Lindstrom, B. The effects of pre-exercise stretching on muscular soreness, tenderness and force loss following heavy eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 9:219-225, 1999.
56. Kay, AD, and Blazevich, AJ. Effect of acute static stretching on maximal muscle performance: A systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 44:154-164, 2012.
57. Knapik, JJ, Bauman, CL, and Jones, BH. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *Am J Orthop Soc Sports Med* 19:76-81, 1991.
58. Knapik, JJ, Jones, BH, Bauman, CL, and Harris, JM. Strength, flexibility and athletic injuries. *Sports Med* 14:277-288, 1992.
59. Knudson, DV, Magnusson, P, and McHugh, M. Current issues in flexibility fitness. *Pres Coun Phys Fit Sports Res Dig* 3:1-6, 2000.
60. Leighton, JR. A study of the effect of progressive weight training on flexibility. *J Assoc Phys Ment Rehabil* 18:101, 1964.
61. Lund, H, Vestergaard-Poulsen, P, Kanstrup, IL, and Sejrsen, P. The effect of passive stretching on delayed onset muscle soreness, and other detrimental effects following eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 8:216-221, 1998.
62. Magnusson, SP, Simonsen, EB, Aagaard, P, Boesen, J, Johannsen, F, and Kjaer, M. Determinants of musculoskeletal flexibility: Visco-elastic properties, cross-sectional area, EMG and stretch tolerance. *Scand J Med Sci Sports* 7:195-202, 1997.
63. Mahieu, NN, McNair, P, De Muynck, M, Stevens, V, Blanckaert, I, Smits, N, and Witvrouw, E. Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. *Med Sci Sports Exerc* 39:494-501, 2007.
64. Mann, DP, and Jones, MT. Guidelines to the implementation of a dynamic stretching program. *Strength Cond J* 21:53-55, 1999.
65. Marek, SM, Cramer, JT, Fincher, AL, Massey, LL, Dangelmaier, SM, Purkayastha, S, Fitz, KA, and Culbertson, JY. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. *J Athl Train* 40:94-103, 2005.
66. Marshall, JL, Johanson, N, Wickiewicz, TL, Tishler, HM, Koslin, BL, Zeno, S, and Myers, A. Joint looseness: A function of the person and the joint. *Med Sci Sports Exerc* 12:189-194, 1980.
67. Massis, M. Flexibility: The missing link in the Power Jigsaw. *Prof Strength Cond* 14:16-19, 2009.
68. McArdle, WD, Katch, FI, and Katch, VL. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 574-575, 2007.
69. McAtee, RE, and Charland, J. *Facilitated Stretching*. 3rd ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 13-20, 2007.
70. McFarland, B. Developing maximum running speed. *NSCA J* 6:24-28, 1984.
71. McNeal, JR, and Sands, WA. Stretching for performance enhancement. *Curr Sports Med Rep* 5:141-146, 2006.
72. Moore, MA, and Hutton, RS. Electromyographic investigation of muscle stretching techniques. *Med Sci Sports Exerc* 12:322-329, 1980.
73. Nelson, AG, Kokkonen, J, and Arnall, DA. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *J Strength Cond Res* 19:338-343, 2005.
74. Nelson, RT, and Bandy, WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train* 39:254-258, 2004.
75. Pope, RP, Herbert, RD, Kirwan, JD, and Graham, BJ. A randomised trial of pre-exercise stretching for prevention of lower limb injury. *Med Sci Sports Exerc* 32:271-277, 2000.
76. Power, K, Behm, D, Cahill, F, Carroll, M, and Young, W. An acute bout of static stretching: Effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc* 36:1389-1396, 2004.
77. Prentice, WE. A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athl Train* 18(1):56-59, 1983.

78. Riewald, S. Stretching the limits of knowledge on stretching. *Strength Cond J* 26:58-59, 2004.
79. Roberts, JM, and Wilson, K. Effect of stretching duration on active and passive range of motion in the lower extremity. *Br J Sports Med* 33:259-263, 1999.
80. Sady, SP, Wortman, M, and Blanket, D. Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil* 63:261-263, 1992.
81. Safran, MR, Garrett, WE, Seaber, AV, Glisson, RR, and Ribbeck, BM. The role of warm-up in muscular injury prevention. *Am J Sports Med* 16:123-129, 1988.
82. Sands, WA. Flexibility. In *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*. Cardinale, M, Newton, R, and Nosaka, K, eds. Hoboken, NJ: Wiley, 389-398, 2011.
83. Shrier, I. Does stretching improve performance? A systematic and critical review of the literature [review]. *Clin J Sport Med* 14:267-273, 2004.
84. Shrier, I. Meta-analysis on pre-exercise stretching. *Med Sci Sports Exerc* 36:1832, 2004.
85. Shrier, I. Stretching before exercise: An evidence based approach. *Br J Sports Med* 34:324-325, 2000.
86. Shrier, I. Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: A critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med* 9:221-227, 1999.
87. Simic, L, Sarabon, N, and Markovic, G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports* 23:131-148, 2013.
88. Tanigawa, MC. Comparison of the hold relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Phys Ther* 52:725-735, 1972.
89. Thacker, SB, Gilchrist, J, Stroup, DF, and Kimsey, CD, Jr. The impact of stretching on sports injury risk: A systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc* 36:371-378, 2004.
90. Todd, T. Historical perspective: The myth of the muscle-bound lifter. *NSCA J* 6:37-41, 1985.
91. Voss, DE, Ionta, MK, and Myers, BJ. *Proprioceptive Neuromuscular Facilitation: Patterns and Techniques*. 3rd ed. Philadelphia: Harper & Row, 1-370, 1985.
92. Wallmann, HW, Mercer, JA, and McWhorter, JW. Surface elec-tromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 19:684-688, 2005.
93. Walter, SD, Figoni, SF, Andres, FF, and Brown, E. Training intensity and duration in flexibility. *Clin Kinesiol* 50:40-45, 1996.
94. Weiss, LW, Cureton, KJ, and Thompson, FN. Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *Eur J Appl Physiol* 50:413-419, 1983.
95. Wilmore, JH, Parr, RB, Girandola, RN, Ward, P, Vodak, PA, Barstow, TJ, Pipes, TV, Romero, GT, and Leslie, P. Physiological alterations consequent to circuit weight training. *Med Sci Sport* 10:79-84, 1978.
96. Winters, MV, Blake, CG, Trost, JS, Marcello-Brinker, TB, Lowe, LM, Garber, MB, and Wainner, RS. Passive versus active stretch-ing of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: A randomized clinical trial. *Phys Ther* 84:800-807, 2004.
97. Witvrouw, E, Mahieu, N, Danneels, L, and McNair, P. Stretching and injury prevention: An obscure relationship. *Sports Med* 34:443-449, 2004.
98. Yamaguchi, T, and Ishii, K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res* 19:677-683, 2005.
99. Young, WB, and Behm, DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness* 43:21-27, 2003.
100. Young, WB, and Behm, DG. Should static stretching be used during a warm up for strength and power activities? *Strength Cond J* 24:33-37, 2002.



ГЛАВА 22

Реабилитация и восстановление формы

Авторы главы Дэвид Х. Потак, Физиотерапевт и Терри Л. Гринстафф, Доктор Наук, Физиотерапевт

После прочтения этой главы вы сможете:

- Определить состав команды спортивных медиков и область ответственности каждого из специалистов в процессе реабилитации и восстановления травмированных атлетов,
- Определить тип травмы, которую получил атлет,
- Спрогнозировать срок заживления поврежденных тканей и дать атлету понимание этапов данного процесса,
- Озвучить задачи, стоящие перед командой медиков на каждом этапе процесса реабилитации травмы, и
- Объяснить роль профессионала по силовой и кондиционной подготовке в процессе реабилитации травм и восстановления спортивной формы атлета

В силу того, что доля профессионалов по силовой и кондиционной подготовке в спортивной отрасли неуклонно возрастает, они будут все чаще привлекаться для решения вопросов, связанных с реабилитацией и восстановлением формы травмированных атлетов. Профессионал в области силовой и кондиционной подготовки – это человек, который обладает уникальными знаниями и наработками в области оптимальной работоспособности атлетов, а значит, такой специалист может играть жизненно важную роль на заключительных этапах процесса реабилитации по соответствующей программе, что позволяет подготовить атлета к возвращению в соревновательный спорт. Описанные выше качества накладывают на профессионала по силовой и кондиционной подготовке высочайшую степень ответственности перед атлетом в процессе его реабилитации. Для того, чтобы в полной мере понять каким образом профессионал по силовой и кондиционной подготовке может наиболее эффективно ускорить процесс реабилитации травмированного атлета, необходимо обладать знанием того, какую роль должен играть каждый член команды спортивных медиков. Более того, понимание различных типов травм и особенностей процесса заживления на физиологическом уровне является неотъемлемым условием ускорения процесса реабилитации.

Цель данной главы заключается не в том, чтобы дать читателю информацию в части последовательности лечения тех или иных видов травм. Замысел авторов состоит в том, чтобы объяснить читателю те физиологические изменения, которые происходят в организме после того, как атлет получает травму опорно-двигательного аппарата, что позволяет сформулировать задачи, стоящие перед профессионалом по силовой и кондиционной подготовке, таким образом, чтобы их решение позволило повысить эффективность процесса лечения. Информацию, которая содержится в данной главе, в конечном итоге следует использовать таким образом, чтобы вывести атлета после травмы на максимально высокий уровень работоспособности. Процесс реабилитации и восстановления формы предполагает использование пяти фундаментальных принципов, представленных в текстовой врезке ниже.

Команда специалистов по спортивной медицине

Команда спортивных медиков является поставщиком услуг в области здравоохранения, при этом, в центре их внимание должны быть прежде всего потребности и проблемы атлета (8). Все члены команды спортивных медиков ответственны за передачу информации в части травмоопасности, мер предосторожности и лечения травм тренерам и атлетам; они также обязаны делать все от них зависящее для предотвращения травм, и проводить реабилитацию травмированных атлетов. Специалисты в различных областях медицины

играют важную роль в процессе возвращения атлетов к соревновательным выступлениям, что требует эффективного взаимодействия между ними.

Члены команды спортивных медиков

Врач команды обеспечивает медицинским обслуживанием организацию, школу или команду. Врач команды, как правило, имеет квалификацию Доктора Медицины (MD) или Доктора Остеопатической Медицины [Ортопедии] (DO). Врач команды должен обладать профессиональной подготовкой (ординатура или аспирантура) по целому ряду направлений, включая семейную медицину, терапевтическую медицину, педиатрию, и ортопедию (43, 60), при этом, такой специалист также должен владеть знаниями в области повреждений опорно-двигательного аппарата и спортивной травматологии на высочайшем уровне (20). К области ответственности врача команды относится проведение предсоревновательного обследования, оказание неотложной медицинской помощи, оценка и диагностика травм и заболеваний, а также, при необходимости, выдача направлений к прочим медицинским специалистам (43). Несмотря на то, что врач команды не несет ответственность за постоянный надзор в области реабилитации атлетов, он, зачастую, принимает окончательное решение в части готовности атлета к возвращению в соревновательный спорт (20, 43). Еще одна важная функция врача команды заключается в выдаче рецептов на противовоспалительные, болеутоляющие препараты, а также средства, используемые при острых вирусных инфекциях верхних дыхательных путей и гриппе.

Специалист, который, как правило, несет ответственность за текущие показатели здоровья атлета, является **спортивным терапевтом** (или, как его еще называют в США, **спортивным тренером athletic trainer**). В Соединенных Штатах Америки, спортивный терапевт проходит аттестацию в Бюро Сертификации Национальной Ассоциации Спортивных Терапевтов, получая при этом квалификацию Аттестованного Спортивного Терапевта (Certified Athletic Trainer / ATC). Спортивные терапевты осуществляют свою деятельность под руководством врача команды и, в основном, трудоустраиваются в учебных заведениях среднего образования, колледжах, или профессиональных командах, однако, они также могут работать в клиниках амбулаторного физиотерапевтического лечения. К основным обязанностям специалистов данного профиля относят управление процессом реабилитации травм, полученных в процессе физической деятельности, а также профилактику травматизма посредством узкоспециальных упражнений и использования профилактических средств (включая тейпы и фиксирующие устройства). Говоря более конкретно, спортивный терапевт диагностирует травму, назначает травмированному атлету различные терапевтические упражнения, направленные на ускорение процесса реабилитации, лечит травмы, и

Принципы реабилитации и восстановления формы

- Ткани, которые находятся в процессе реабилитации, нельзя перегружать.
- Атлет должен продемонстрировать соответствие заданным критериям для перехода на следующий этап реабилитационного процесса.
- Программа реабилитации должна основываться на результатах современных клинических и научных исследований.
- Программа должна быть составлена достаточно гибко, чтобы ее можно было адаптировать под нужды каждого отдельно взятого спортсмена, его требования и цели.
- Реабилитация – это процесс, который подразумевает работу в команде, и требует от всех членов команды спортивных медиков совместных действий в целях решения общей задачи, заключающейся в возврате атлета к соревновательным выступлениям без каких-либо ограничений максимально быстрым и безопасным путем.

действует в качестве руководителя команды спортивных медиков (8). В силу того, что спортивный терапевт проводит с атлетом значительный объем своего времени, он должен играть ключевую роль в процессе общения между членами команды спортивных медиков, тренером и атлетом (8).

Физиотерапевт (или **инструктор по лечебной физической культуре, ЛФК**) со специализацией в области ортопедии или спортивной медицины может играть весьма важную роль в деле снижения болевых симптомов и восстановления работоспособности травмированного атлета. Несмотря на то, что физиотерапевты, как правило, работают в клиниках амбулаторного лечения, многие команды университетского и профессионального уровня нанимают физиотерапевтов в команду спортивных медиков. Специалист-физиотерапевт может принимать участие в процессе разработки стратегий лечения или управлять долгосрочной реабилитацией. В Соединенных Штатах Америки, физиотерапевт, который имеет опыт в области лечения и реабилитации травм, должен пройти аттестацию в Американском Совете Специалистов по Физиотерапевтическому Лечению (American Board of Physical Therapy Specialties / ABPTS) и получить *сертификат аттестованного специалиста* (Sports Certified Specialist / SCS). Аттестованные специалисты чаще всего становятся членами команды, которая отвечает за оценку степени травматизма, терапию и лечение атлетов с острыми травмами, и зачастую совмещают функции спортивного тренера и физиотерапевта.

Профессионалы в области силовой и кондиционной подготовки, как правило, уделяют основное внимание вопросам развития силовых и мощностных возможностей атлетов, а также повышению их работоспособности. Тем не менее, профессионал по силовой и кондиционной подготовке также должен играть важную роль в команде спортивных медиков, являясь неотъемлемым участником процесса реабилитации и восстановления спортивной формы атлетов. В идеале, такой специалист должен быть аттестован

Национальной Ассоциацией Силовых и Кондиционных видов спорта (National Strength and Conditioning Association / NSCA) с присвоением звания *Сертифицированного Специалиста по Силовой и Кондиционной Подготовке* (Certified Strength and Conditioning Specialist / CSCS); это свидетельствует о том, что такой специалист обладает соответствующими знаниями и опытом, что позволяет ему принимать участие в процессе реабилитации атлетов. При посредничестве спортивного терапевта или физиотерапевта, профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен использовать свои знания в области правильной техники и выбора тех или иных типов двигательной деятельности (т.е. упражнения с отягощениями, плиометрика, аэробный тренинг) в целях разработки программы реабилитации травмированного атлета для возвращения к соревновательным выступлениям. Более того, специалист по силовой и кондиционной подготовке должен обладать объемными знаниями в части той роли, которую играет биомеханика в различных видах спорта и направлениях деятельности, что дает ему право предлагать упражнения для продвинутой реабилитации различных типов травм.

Кроме того, в состав команды спортивных медиков зачастую входят различные специалисты, которые принимают участие в процессе реабилитации и восстановления формы атлетов после купирования острых симптомов. **Инструктор по ЛФК** должен обладать официально установленным опытом в области прикладной теории физической культуры и использовать такой опыт в процессе разработки программы реабилитации атлета, которая бы принимала во внимание характер обменных реакций организма атлета и способы, которыми можно использовать такие реакции для того, чтобы способствовать более эффективному лечению. В силу того, что питание является критически важным фактором с точки зрения восстановления после травмы, в целях оптимизации процесса восстановления поврежденных тканей и выбора правильной структуры рациона травмированного атлета в

команду спортивных медиков можно привлекать **нутрициолога** или аттестованного диетолога, имеющего достаточный опыт в вопросах спортивного питания. В наиболее благоприятном случае, нутрициолог также должен иметь официальное образование в области продовольствия и питания и получить статус аттестованного диетолога (RD) в тех учебных заведениях, которые сертифицированы Регистрирующей Комиссией Академии Питания и Диетологии. В заключение следует отметить, что процесс реабилитации может нанести психическую травму самому атлету; вследствие чего в ряде случаев целесообразно обратиться за помощью к аттестованному **методисту, психологу** или **психиатру**, который помог бы атлету справиться с нервно-психическим стрессом, вызванным травмой.

Информационный обмен

Информационный обмен и общение между членами команды спортивных медиков является крайне важным аспектом (8, 65). Чаще всего травмированный атлет общается прежде всего с тренером, спортивным терапевтом, и профессионалом по силовой и кондиционной подготовке. В некоторых случаях атлеты рассказывают о полученной травме прежде всего тренеру или профессионалу по силовой и кондиционной подготовке и только потом обращаются к спортивному терапевту. Таким образом, планомерное и системное общение между перечисленными выше специалистами является неотъемлемым условием эффективной реабилитации атлета. Это не отменяет необходимость информационного обмена между остальными специалистами, работающими в команде спортивных медиков (врач, физиотерапевт, нутрициолог, спортивный физиолог), график общения которых в течение недели может быть не таким плотным. Проведение еженедельных совещаний команды спортивных медиков представляет собой информационную площадку, инструмент, позволяющий каждому специалисту озвучить свое мнение в части особенностей тренировочного процесса и ограничений по каждому травмированному атлету. К числу обсуждаемых вопросов можно отнести следующие:

- Каков текущий статус атлета (полное отсутствие деятельности, деятельность с ограничениями, деятельность без ограничений)?
- Какие упражнения атлет выполняет на данный момент?
- Насколько необходимо введение каких-либо особых требований или корректировок?
- Какова динамика изменения состояния атлета?
- Необходимо ли введение каких-либо изменений в структуру программы?

В целях разработки наиболее эффективных программ реабилитации травмированного атлета, профессионал в области силовой и кондиционной подготовки должен понимать суть диагноза, который ставится при той или иной травме, а также

показания (рекомендации) и противопоказания в части физической деятельности в привязке к поставленному диагнозу. **Показание** – это форма терапии, которая необходима травмированному атлету для его реабилитации. К примеру, аутфилдер (игрок, занимающий оборонительную позицию во внешнем поле — наиболее удаленной от дома части поля) в софтболе, которому поставлен диагноз импинджмент-синдром плечевого сустава (субакромиальный синдром плеча) должен сохранять работоспособность нижних конечностей, вследствие чего спортивный терапевт может предложить ему продолжать выполнять упражнения, нацеленные на развитие силовых, скоростных и мощностных возможностей нижних конечностей, а также упражнения на подвижность в процессе реабилитации плечевого сустава. Таким образом, были перечислены показания к проработке нижней части тела. Под **противопоказаниями** понимаются те виды деятельности или практической работы, которые нежелательны или запрещены в случае той или иной травмы. К примеру, на завершающих этапах лечения переднего вывиха плеча, игроку в американский футбол может потребоваться укрепление мускулатуры верхней части тела, и только после этого он получит допуск к выходу на поле. Спортивный терапевт может рекомендовать работу, направленную на укрепление верха тела, однако, выполнение упражнений типа жима лежа может быть противопоказано, поскольку такой жим способен поместить плечевой сустав в уязвимое положение в силу того, что соответствующие связки были ослаблены, а это вызывает отсутствие требуемой стабильности. Для того, чтобы понять какую роль должен играть профессионал по силовой и кондиционной подготовке в процессе лечения каждой отдельно взятой травмы, команде спортивных медиков рекомендуется использовать документ стандартизированной формы, в который бы заносились показания и противопоказания в части тренинга и упражнений, что позволяет сделать процесс реабилитации максимально эффективным и безопасным (См. Рисунок 22.1). Кроме того, профессионал по силовой и кондиционной подготовке может использовать документ аналогичной формы (Рисунок 22.2) для передачи

В состав команды спортивных медиков входят профессионалы из широкого спектра направлений, которые работают совместно для того, чтобы процесс реабилитации и восстановления физической формы атлета был максимально эффективным. Это значит, что члены команды медиков должны наладить между собой содержательное общение, которое позволило бы создать атмосферу безопасной и согласованной работы в целях реабилитации травмированного атлета.

информации в части выбранных аспектов программы реабилитации (упражнения), а также вариантов субъективной и объективной реакции организма атлета на предложенные упражнения.

Типы травм

Травма – это повреждение, возникающее в результате внезапного воздействия перегружающего характера, которое приводит к нарушению функции и микроструктуры тканей. Травма кости может в дальнейшем вылиться в ушиб или перелом кости. Трещины и переломы костей могут возникать в результате прямого удара по кости; в медицине переломы имеют классификацию (к примеру, закрытые, открытые, отрывные переломы, а также неполные переломы [трещины]). Под травмой сустава понимают **вывих** (полное расхождение суставных поверхностей) или **подвывих** (неполное расхождение суставных поверхностей), причем такая травма вызывает гиперподвижность или нестабильность сустава. Под травмой связок понимают их **разрыв** на микроуровне или уровне коллагеновых волокон; согласно соответствующей классификации растяжения бывают *первой степени* (частичный разрыв связки без возникновения избыточной подвижности или нестабильности в суставе), *второй степени* (частичный разрыв с

возникновением слабо выраженной избыточной подвижности в суставе), или *третьей степени* (полный отрыв с возникновением гиперподвижности в суставе).

Травмы скелетно-мышечного аппарата классифицируются либо как **ушибы** (если травма была получена в результате прямого ударного воздействия), либо как растяжения (при непрямом воздействии). При растяжении мышцы, в тканях вокруг поврежденной мышцы происходит накопление избыточного объема крови и жидкости; это может приводить к серьезному ограничению функциональных возможностей поврежденной мышцы. **Растяжения** мышц представляют собой разрывы мышечных волокон, которые также классифицируются по степеням. Растяжение *первой степени* представляет собой разрыв отдельных волокон, и характеризуется тем, что мышца сохраняет свои функциональные возможности, однако в ходе деятельности, осуществляемой данной мышцей возникают болевые ощущения. Растяжение *второй степени* представляет собой частичный разрыв, вызывающий снижение работоспособности мышцы и появление болевых ощущений при работе данной мышцы. Растяжение *третьей степени*, по сути, это полный отрыв мышечных волокон, который характеризуется практически полной

Справочно-информационный бюллетень реабилитолога

Дата: <u>2 января 2016</u>	Воллейбол,
Имя: <u>Эллисон Пирсон</u>	Вид спорта и <u>разыгрывающий</u> позиция игрока
Дата травмы: <u>22 ноября 2015</u>	
Дата операции: <u>3 декабря 2015</u>	
Диагноз: <u>Восстановление хирургическим путем Передней крестообразной связки (левого колена)</u>	
Показания	
Велотренажер: <u>Постепенно увеличивать длительность до 60 минут. Бег запрещен</u>	
Жим одной ногой в тренажере: <u>Угол сгибания в колене не более 90°, сначала без отягощения</u>	
Упражнения с отягощениями на верхнюю часть тела	<u>Отягощения только после допуска от спортивного терапевта</u>
Противопоказания	
<u>Упражнения на разгибание ноги в коленном суставе</u>	
<u>Полноамплитудный присед</u>	
<u>Плиометрика</u>	
<u>Бег</u>	<u>Джона Грэй,</u> <u>спортивный терапевт 2 января 2016</u>

Рисунок 22.1 Пример формуляра справочно-информационного бюллетеня, в котором представлена информация в части показаний и противопоказаний для команды спортивных медиков

**Справочно-информационный бюллетень
Специалиста по силовому и кондиционному тренингу**

Дата: 22 октября 2015
 Имя: Молли Джексон
 Спорт: Футбол
 Позиция: Полузащитник
 Диагноз: Растяжение внутренней боковой связки (правого колена) II степени
 Дата травмы: 8 октября 2015

Текущие виды деятельности

Количество тренировок: 7
 Дата начала: 15 октября 2015

Текущая деятельность

Вид	Подходов	Повторений	Отягощение
Полуприсед	3	10	115 фунтов
Разгибания ног	3	10	60 фунтов
Сгибания ног	3	10	50 фунтов
Подъем на носки	3	15	95 фунтов

	Время	Скорость
Велотренажер	20 минут	80 оборотов/мин
Степшер	20 минут	70 тактов в минуту
Бег трусцой	10 минут	5,0 миль/час

Текущие наблюдения

Затруднений в ходе полуприседа не наблюдается, можно увеличить амплитуду до 3/4

Предложения

Увеличивать глубину приседа, наращивать скорость и длительность бега

Джилл Майклс, 22 октября 2015

*Сертифицированный специалист по силовой
и кондиционной подготовке*

Рисунок 22.2 Пример формуляра бюллетеня специалиста по силовой и кондиционной подготовке, в котором представлена информация в части текущей деятельности и видов реакции организма травмированного атлета

потерей функциональных возможностей мышцы и наличием выраженных болевых ощущений. По аналогии с мышцей, также может произойти полный или частичный разрыв сухожилия в том случае, когда растягивающее усилие, действующее на сухожилие, превышает допустимый уровень. Как правило, коллагеновые волокна сухожилия в значительной степени прочнее мышечных волокон,

к которым они прикрепляются, и, таким образом, разрыв более вероятен в области мышечного брюшка, мышечно-сухожильного перехода или в месте прикрепления сухожилия к кости.

Микротравма или усталостное повреждение, является результатом систематического воздействия чрезмерной нагрузки на ту или иную ткань в ходе тренинга или следствием того, что у атлета было

недостаточно времени на восстановление. Усталостные травмы могут быть следствием ошибок, допущенных в ходе тренировочного процесса (т.е. некачественно составленной программы, избыточного объема тренинга), плохого качества опорных поверхностей (к примеру, избыточной жёсткости или неровностей поверхности), неверной техники или биомеханики движений, плохого контроля над двигательной деятельностью, снижения гибкости, отсутствия блокировки в работающем суставе в нужный момент или предрасположенности к травмам (54, 66). Усталостные травмы, как правило, связаны с повреждениями костей и сухожилий. Наиболее часто встречающийся тип усталостных травм скелета человека – это усталостные переломы. Несмотря на то, что тип телосложения (экто-, мезо-, эндоморф) и состав тела, характер питания и особенности протекания обменных процессов в организме играют важную роль, усталостные переломы зачастую являются результатом резкого увеличения объема тренинга или избыточного тренинга на жестких поверхностях (3, 66). Тендинит – это воспаление ткани сухожилия (52), и в тех случаях, когда причина воспалительного процесса не устраняется, данное отклонение начинает носить хронический характер, в ряде случаев может развиваться тендинопатия. (Термин, который имеет окончание -ит, указывает на наличие воспалительного процесса [к примеру, тендинит, артрит]). Тендинопатия - это дегенеративные изменения, которые характеризуются минимальным воспалением и неоваскуляризацией (52).

Заживление тканей

Возвращение к соревновательным выступлениям после получения травмы требует заживления поврежденных тканей и воздействия на эти ткани с тем, чтобы они вернули свои функциональные возможности. Для того, чтобы читатель лучше понимал роль профессионала по силовой и кондиционной подготовке, авторы предлагают изучить информацию в части фаз процесса заживления тканей, который протекает после того, как атлет получает травму опорно-двигательного аппарата (22, 24). Временные рамки явлений, наблюдаемых на каждой фазе данного процесса, различны для каждого отдельно взятого типа тканей; при этом, временные рамки также определяются широким спектром аспектов системного и очагового типа, включая возраст и образ жизни атлета, степень

травмы и тип тканей, которые были повреждены. Тем не менее, необходимо отметить, что заживление всех типов тканей происходит по одному и тому же сценарию (См. Таблицу 22.1).

Таблица 22.1 Фазы процесса заживления тканей

Фаза воспалительной реакции	Боль, отек и покраснение
↓	Снижение синтеза коллагена Увеличение количества воспалительных клеток
Фаза фиброплазии	Продуцируются коллагеновые волокна
↓	Экскреция коллагена Снижение количества воспалительных клеток
Фаза созревания (ремоделирования)	Коллаген перестраивается вдоль линий натяжения Увеличение прочности тканей на разрыв

Фаза воспалительной реакции

Воспаление является первичной реакцией на повреждение (22, 24) и является обязательным условием нормального течения процесса заживления тканей. В ходе **фазы воспалительной реакции (воспалительного ответа)** наблюдается как местное, так и системное воспаление, которое, фактически, запускает процесс заживления и вызывает замещение поврежденной ткани. В ходе фазы воспалительной реакции наблюдается ряд явлений, которые вносят свой вклад в процессы заживления ткани и первичного падения функциональных возможностей. В поврежденной области происходит покраснение и отек в силу изменений в васкуляризации (количестве кровеносных сосудов), кровотоке и проницаемости капилляров. После того, как ткань получает повреждение, в ней возникает область локальной гипоксии, что вызывает отмирание определенной части ткани, а это, в свою очередь, является сигналом к высвобождению некоторых эндогенных факторов (медиаторов), включая гистамин и брадикинин. Затем эти вещества увеличивают кровоток и проницаемость капилляров в поврежденной области, тем самым, вызывая отек, т.е. накопление жидкости в тканевых пространствах. **Отек** снижает сократительные возможности тканей и может в значительной степени ограничить их функциональные возможности. В силу увеличения кровотока из поврежденной области удаляются омертвевшие ткани и патогенные микроорганизмы, они захватываются и перевариваются в процессе **фагоцитоза**; в ходе фагоцитоза высвобождаются

Возврат к соревновательным выступлениям после травмы требует заживления поврежденных тканей, восстановления функциональных возможностей тканей, и использования правильной методологии, позволяющей довести эффективность процесса реабилитации и восстановления формы до максимума.

макрофаги, которые способны к активному захвату и удалению остатков погибших клеток, что может тормозить процесс заживления.

Присутствие в ходе данной фазы веществ, провоцирующих воспаление, в поврежденной области может вызывать стимуляцию “болевых волокон”, что, в свою очередь, приводит к тому что атлет чувствует боль. Данная фаза, как правило, длится 2-3 дня, если травма носит острый характер, однако продолжительность данной фазы может быть более значительной вследствие нарушений в кровотоке и более серьезных структурных повреждений. Хотя фаза воспалительной реакции является критически важной с точки зрения процесса заживления, в тех ситуациях, когда она не завершается в разумные сроки, происходит задержка последующих фаз процесса, что увеличивает длительность реабилитации в целом. Как правило длительность фазы воспалительного ответа не превышает одной недели.

Фаза фиброплазии

После завершения фазы воспалительной реакции, начинается процесс **заживления** тканей (22, 24); фаза **фиброплазии**, которая характеризуется катаболизмом (распадом тканей) и замещением тканей, которые в результате травмы стали нежизнеспособны. В целях сохранения структурной целостности тканей, в этой области формируются новые капилляры и соединительные ткани (рубцовая ткань). В поврежденной области откладывается коллаген III типа, в дальнейшем он выступает в качестве плацдарма для регенерации поврежденной ткани. Новая ткань обладает меньшей прочностью в сравнении той тканью, которая была до травмы; таким образом, новообразованной ткани только предстоит приобрести оптимальную прочность. Коллагеновые волокна обладают наибольшей прочностью, когда они располагаются вдоль основных линий натяжения (которые иногда называют линиями спайности), однако, значительное количество новых волокон располагается перпендикулярно линиям натяжения, что ограничивает возможность эффективной передачи усилия. Данная фаза процесса начинается через два дня после получения травмы и может продолжаться до двух месяцев.

Фаза созревания (ремоделирования)

В процессе заживления (рубцовая) ткань пониженной прочности, которая сформировалась в ходе фазы фиброплазии, наращивает прочность на фазе созревания-ремоделирования процесса (22, 24). В процессе продуцирования коллагеновых волокон происходит сдвиг в сторону выработки более прочного коллагена I типа, что позволяет повысить структурную целостность, прочность, а также функциональность новой ткани. При увеличении нагрузки, коллагеновые волокна новообразованной рубцовой ткани начинают демонстрировать гипертрофические изменения и реорганизуются параллельно линиям натяжения (18). Коллагеновые

волокна, которые имеют больший диаметр и более оптимальное расположение (пространственный параллелизм) приобретают необходимую прочность, что позволяет им восстановить свою функциональность. Несмотря на то, что прочность коллагеновых волокон и регенируемой ткани повышается, она не обладает той же прочностью, что и ткань до травмы. Фаза созревания-ремоделирования может длиться от нескольких месяцев до нескольких лет после травмы (22, 24, 32).

После того, как атлет получает травму, все поврежденные ткани проходят одни и те же фазы процесса заживления: фаза воспаления, фаза фиброплазии и фаза ремоделирования. Длительность основных процессов, которые наблюдаются в рамках каждой из фаз регенерации тканей различается в зависимости от того, какой тип тканей был поврежден, кроме того, на длительность влияет широкий спектр системных и очаговых факторов, включая возраст и образ жизни атлета, степень травмы и тип тканей, которые были повреждены. На каждой из фаз наблюдаются типичные процессы, которые позволяют логически отделить одну фазу от другой.

Задачи реабилитации и восстановления

Профессионал по силовой и кондиционной подготовке обязан принимать во внимание как индивидуальные особенности реакций атлета на травму, так и характер действия физиологических механизмов регенерации тканей; при этом, оба указанных выше аспекта являются критически важными с точки зрения возвращения атлета к оптимальному уровню работоспособности. Возвращение атлета к соревновательным выступлениям требует регенерации повреждённых тканей, восстановления функциональности тканей, а также использования правильной методологии для того, чтобы процесс реабилитации и восстановления носил оптимальный характер. Несмотря на то, что в преобладающем числе случаев основная задача заключается в максимально быстром возвращении к физической деятельности, нельзя забывать, что организмы атлетов по-разному реагируют на травмы, вследствие чего процесс реабилитации каждого из атлетов носит уникальных характер.

В качестве предисловия к обсуждению задач терапии, направленной на реабилитацию атлета после получения травмы, необходимо сделать два важных замечания. Первое, новообразованную ткань нельзя перенапрягать (44). В процессе заживления ткани, контролируемые нагрузки лечебно-терапевтического назначения являются необходимым условием формирования

оптимального коллагенового матрикса (4, 18), однако, избыточная нагрузка может повредить новые структуры и в значительной степени отсрочить возвращение атлета к соревновательной деятельности. Понимание данного принципа подразумевает, что специалисты должны выбирать такой уровень нагрузки, который, с одной стороны, не был избыточным, а с другой стороны, не был недостаточным по отношению к тем тканям, которые являются объектом заживления. Совершенно очевидно то, что при выборе нагрузки необходимо принимать во внимание на какой фазе находится процесс заживления травмы, а также вид спорта, в котором выступает атлет. К примеру, упражнения, выполнение которых дает недостаточную нагрузку на фазе созревания-ремоделирования, могут вызывать чрезмерное отягощение (избыточную нагрузку на ткани) на фазе воспалительной реакции. Кроме того, упражнения, которые не создают достаточный уровень нагрузки для профессионального баскетболиста, играющего на позиции центрового, могут представлять собой избыточную нагрузку для бегуна по пересеченной местности уровня любителей. Еще одним аспектом, который необходимо учитывать является плоскость движения. К примеру, внутренняя боковая связка коленного сустава испытывает максимальную нагрузку при работе во фронтальной плоскости (тест вальгусной нагрузки) на завершающей стадии (последние 20°) амплитуды разгибания в коленном суставе. Таким образом, если у атлета повреждена внутренняя боковая связка, то движения во фронтальной плоскости (вальгусные нагрузки) на ранних этапах процесса реабилитации противопоказаны. Тем не менее, на более поздних фазах, вероятно, можно использовать определенные варианты движений во фронтальной плоскости.

Во-вторых, атлет должен преследовать конкретные цели для того, чтобы процесс заживления переходил с одной фазы на другую (67, 68). Перечень конкретных целей может определяться амплитудой движений, силовыми характеристиками и спортивным направлением. Выработка рекомендаций в связи с полученной травмой находится в зоне ответственности врача, спортивного терапевта, физиолога или их совместной работы.

Ткань, которая была повреждена и находится в процессе заживления, нельзя перегружать. Однако нагрузки лечебно-терапевтического значения являются необходимым условием оптимизации процесса формирования коллагенового матрикса. Атлет должен преследовать конкретные цели для того, чтобы процесс реабилитации переходил с одной фазы на другую.

Фаза воспалительной реакции

Воспаление - первый процесс, который протекает в качестве ответной реакции на травму. Воспаление

является критически важным для последующего заживления, однако его необходимо контролировать таким образом, чтобы процесс реабилитации не тормозился.

Цель терапии

Основной задачей терапии на фазе воспалительной реакции является предотвращение фрагментации новообразованной ткани. Среда, благоприятная для регенерации и формирования новой ткани, является обязательным условием, позволяющим предотвратить увеличение сроков фазы воспаления, разрушение образовавшихся кровеносных сосудов, а также нарушение процесса выработки коллагена, поскольку подобные явления могут увеличить длительность реабилитации. Относительный покой и использование соответствующих способов терапии на физическом уровне, а именно обкладывание льдом, наложение компрессионных повязок, поднятие травмированной области и электрическая стимуляция зачастую являются основными вариантами первичных мероприятий, позволяющих минимизировать повреждение тканей и притупить острую боль, при этом, влияние подобных мероприятий на эффективность процесса заживления может быть разнородным (40, 62).

Также очень важно понимать, что скорость возврата к полной функциональности зависит от состояния прочих тканей организма. Таким образом, необходимо поддерживать выносливость, а также силовые и мощностные возможности тканей опорно-двигательного аппарата, кроме того важно поддерживать функциональные возможности кардио-респираторной системы. Профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен делиться важной информацией и опытом в данной области. Для того, чтобы описанные выше задачи выполнялись, профессионал в области силовой и кондиционной подготовки должен консультировать спортивного терапевта на тему того, каким упражнения рекомендованы, а какие противопоказаны с точки зрения той или иной травмы. Главной задачей на данной фазе является максимальная защита поврежденных тканей. При условии выполнения данного требования, допускается проведение общих аэробных и анаэробных тренировок, а также тренинга с отягощениями нетравмированных конечностей. Если отсутствуют противопоказания к движению поврежденной конечности, допускается выполнение упражнений, прорабатывающих те ткани, которые располагаются проксимально и дистально по отношению к пораженной области, при условии, что сама поврежденная область не нагружается. В качестве примера можно привести упражнения на отведение (абдукцию) и вращение бедра в процессе реабилитации коленного сустава (14, 26, 41) или упражнения на стабилизацию лопатки при травме плечевого сустава (35, 64, 69).

Стратегии физической деятельности

Несмотря на то, что максимально быстрое возвращение к соревновательной деятельности

является наиболее частой задачей в процессе терапии травмы, пассивный отдых поврежденной области на начальном этапе реабилитации необходим для того, чтобы защитить поврежденные ткани от вторичных травм. Таким образом, упражнения, которые напрямую задействуют или нагружают поврежденную область не рекомендованы к выполнению в ходе данной фазы. При этом, по-прежнему допускается выполнение упражнений, которые не задействуют (не нагружают) область травмы (к примеру, упражнения, направленные на развитие верхних конечностей, при травме нижних конечностей, или упражнения, которые допускается выполнять одной ногой в то время, когда другая травмирована).

Фаза фиброплазии

После завершения фазы воспалительной реакции, организм начинает замещать поврежденные ткани новообразованными тканями, которые имеют такую же структуру; однако, прочность новых тканей на данном этапе является достаточно низкой. Регенерация тканей в области повреждения может занимать до 8 недель при условии, что ткань получает нужный объем восстановительной нагрузки, однако данный процесс может длиться дольше в случае, если нагрузка является недостаточной или избыточной.

Цель терапии

Основная цель терапии на фазе фиброплазии заключается в предотвращении атрофии мускулатуры и ухудшения функционального состояния суставов в поврежденной области. Кроме того, необходимо поддерживать сбалансированность двигательной деятельности в целях избежания разрушения вновь образованных коллагеновых волокон, однако, следует постепенно вводить низкоуровневые нагрузки в целях стимуляции усиления синтеза коллагена, а также предотвращения снижения амплитуды движения в суставе. Для того, чтобы защитить новообразованные, относительно слабые коллагеновые волокна, атлету следует избегать выполнения активных упражнений с отягощениями, в ходе которых напрямую задействуются поврежденные ткани. При этом, недостаточный уровень двигательной активности также может нести повреждающее воздействие, поскольку вновь образованные волокна не будут оптимально организованы параллельно линиям натяжения, что может привести к формированию рубцовых сращений (спаек), а это может мешать полноамплитудным движениям. Правильно выполняемые движения на ранних стадиях процесса ускоряют реорганизацию коллагеновых волокон параллельно линиям натяжения и способствуют улучшению мобилизации тканей. Как и на фазе воспалительной реакции, в ходе фазы фиброплазии допускается лечебная терапия, однако цель такой терапии должна заключаться в стимуляции синтеза коллагена и снижении уровня болевых ощущений.

Следует использовать ультразвуковую терапию, электрическую стимуляцию и продолжать обкладывание льдом в целях способствования и ускорения процесса формирования новой ткани (5, 27, 51). Следует еще раз напомнить читателю о том, что поддержание функциональных возможностей мускулатуры и кардио-респираторной системы продолжает оказывать важнейшее значение для организма в целом. Профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен располагать обширными знаниями в данной области и делиться ими с другими членами команды спортивных медиков при выборе тех видов деятельности, которые должны подходить травмированному атлету. К возможным вариантам направлений физической деятельности в ходе фазы фиброплазии можно отнести укрепление неповрежденных конечностей, а также областей, которые расположены проксимально и дистально относительно поврежденного участка, аэробный и анаэробный тренинг, а также развитие силы и совершенствование качеств нервно-мышечного контроля задействуемых областей.

Стратегии физической деятельности

После получения разрешения от врача, спортивного терапевта или физиотерапевта на фазе фиброплазии можно заниматься ниже перечисленными видами физической деятельности. Допускаются занятия изометрическими физическими нагрузками при условии, что подобная деятельность не вызывает болевых ощущений и не нарушает прочие условия, которые могут быть поставлены врачом или спортивным терапевтом. Изометрические упражнения с субмаксимальным уровнем нагрузок позволяют атлету сохранять функциональность нервно-мышечного аппарата, а также развивать силу посредством выполнения движений с интенсивностью, достаточно низкой для того, чтобы не разрушались вновь образованные коллагеновые волокна. К сожалению, развитие силы в рамках изометрических нагрузок в значительной степени зависит от угла сгиба в суставе, или, говоря другими словами, прирост силы возникает только на определенных углах (28). Таким образом, если изометрические упражнения упоминаются в программе, то их следует выполнять под несколькими углами (28). В рамках изокинетических упражнений используется оборудование, которое вызывает сопротивление движению атлета при определенных скоростях (к примеру, 60°/сек или 120°/сек). Учитывая то, что физическая деятельность в рамках широкого спектра спортивных направлений не характеризуется постоянством скоростей, варианты использования изокинетических упражнений ограничены в прикладном применении. Более того, преобладающая часть оборудования для изокинетического тренинга предназначена для выполнения односуставных упражнений, что позволяет сконцентрироваться на проработке одной мышцы или области одного сустава, однако это далеко не всегда является наиболее функциональным методом развития силы.

При этом, изотонические упражнения (т.е. концентрические и эксцентрические) предполагают выполнение движений при постоянном уровне внешнего сопротивления (отягощения), а уровень усилия, необходимого для преодоления действия отягощения меняется, в основном, в зависимости от угла сгиба в сустав и длины каждой мышцы-агониста. В рамках изотонических упражнений используются несколько различных способов отягощения, включая действие силы тяжести (т.е. упражнения выполняются без использования дополнительного оборудования, а в качестве единственного способа отягощения выступает вес тела спортсмена), гантели, штанги, а также грузоблочные тренажеры. Для того, чтобы увеличить силу и надлежащим образом проработать заживляемые области можно использовать концентрические и эксцентрические мышечные действия. Эксцентрические упражнения позволяют вырабатывать более мощное усилие и требуют меньших энергозатрат в сравнении с концентрическими (38). Величину нагрузки можно повышать для того, чтобы давать более мощный стимул тканям по мере течения процесса регенерации. Скорость, с которой выполняется движение должен регулировать сам атлет; кроме того, скорость движения может являться варьируемым параметром самой программы, т.е. более острые травмы требуют более медленных движений, при этом, на более поздних стадиях реабилитации допускается использование более скоростных и узкоспециальных движений.

Нервно-мышечный контроль – это способность мышц реагировать на сигнал, поступающий через афферентные (чувствительные) нервные волокна, что позволяет сохранять положение конечностей в пространстве (53). Передача сигналов через афферентные волокна называется **проприоцепцией**, это происходит в качестве реакции на стимуляцию чувствительных рецепторов в коже, мышцах, сухожилиях, связках и суставных капсулах. Проприоцепция играет определенную роль в работе условных и безусловных механизмов в процессе управления

позой, поддержания равновесия, стабильности, и чувства положения в пространстве (53). К примеру, при беге по неровной поверхности, проприоцептивные сигналы, поступающие от нижних конечностей к центральной нервной системе бегуна по пересеченной местности, помогает ему подстроиться под характер рельефа в целях избежания падений и травм; а эта способность подстраиваться является нервно-мышечным контролем. После того, как атлет получает травму, уровень нервно-мышечного контроля, как правило, снижается, по аналогии с падением уровня гибкости и силовых возможностей (13). В целях повышения эффективности нервно-мышечного контроля в процессе реабилитации травм разработано несколько типов специальных упражнений, которые варьируются по скорости, уровню визуального контроля и стабильности опорной поверхности. В целях создания нестабильных опорных поверхностей в процессе тренировки верхних и нижних конечностей допускается использование мини-батуты, досок для балансирования и гимнастических мячей. Для того, чтобы улучшить характер нервно-мышечного контроля атлеты могут выполнять стандартные упражнения типа приседа или отжиманий на неровных поверхностях. Также можно выполнять упражнения с закрытыми глазами, что прекращает получение мозгом информации от органов зрительного восприятия, и, тем самым, еще больше усложняет задачу сохранения равновесия. В заключение следует отметить, что увеличение скорости выполнения упражнения также вызывает увеличение нагрузки на данную систему. Индивидуальный подход к каждому из перечисленных аспектов в рамках контролируемой внешней среды позволит атлету прогрессировать от выполнения простых упражнений к более сложным на последующей фазе реабилитации.

Фаза созревания-ремоделирования

Основным результатом фазы фиброплазии должно являться замещение поврежденной ткани коллагеновыми волокнами. После того, как



Рисунок 22.3 Характер стандартной реакции ткани на травму. Зачастую болевые ощущения используют в качестве показателя заживления ткани. Уровень болевых ощущений (синяя кривая) зачастую снижается ранее завершения процесса регенерации (фиолетовая кривая), что может заставить атлета сделать неправильный вывод о том, что требуемое качество заживления было достигнуто (вертикальная желтая линия) и он может возвращаться к полноценной деятельности без риска получить повторную травму.

указанные волокна будут проложены, организм сможете перейти к ремоделированию и укреплению новообразованной ткани, что позволит атлету постепенно возвращаться к полноценной работе.

Цели терапии

Основная задача на фазе созревания-ремоделирования заключается в оптимизации функционального состояния ткани в процессе возвращения к игровой или физической деятельности. Атлеты могут совершенствовать уровень функциональности тканей, продолжая заниматься физической активностью и повышая сложность упражнений, которые выполнялись на фазе фиброплазии путем введения в процесс реабилитационной деятельности более продвинутых, узкоспециальных упражнений, позволяющих постепенно увеличивать нагрузку на поврежденную ткань. У атлета может появиться соблазн “делать слишком много слишком рано”, что может привести к возникновению вторичных повреждений травмированных тканей. Важно не забывать следующий принцип: несмотря на то, что уровень болевых ощущений в процессе занятий физической деятельностью на данной фазе процесса реабилитации может быть достаточно низким, заживление поврежденных тканей еще не

завершено, оно требует дополнительного внимания в целях полного и окончательного завершения процесса (Рисунок 22.3). Прогрессия нагрузки на ткани, которые находятся на стадии заживления, позволяет улучшить характер гипертрофии и реорганизации коллагеновых волокон и (4, 18). Возвращение к соревновательным или иным видам деятельности должно основываться на понимании временных рамок регенеративных процессов, протекающих в здоровых тканях, а также на прогрессии нагрузок, которая регламентируется выполнением конкретных критериев в привязке к заранее определенным задачам. Подобные задачи, как правило, подразумевают замеры амплитуд движения в суставах и силовых возможностей мускулатуры, проведение функционального тестирования, а также ознакомление с субъективными реакциями травмированного атлета на основании выполнения им предлагаемых упражнений (1, 35, 69). Крайне важно, чтобы все члены команды спортивных медиков поддерживали нужный уровень коммуникации, хорошо понимали свои роли в процессе реабилитации атлетов и использовали четко обозначенные критерии возвращения к соревновательной деятельности, что позволило бы сделать процесс возвращения к соревновательной деятельности максимально безопасным.



Рисунок 22.4 Пример поэтапной последовательности использования упражнений, которые можно использовать при реабилитации баскетболиста после растяжения связок голеностопного сустава. Следует начинать с общих упражнений и переходить к узкоспециальным (баскетбол).

Стратегии физической деятельности

В конечном итоге, как и в случае с прочими формами силового и кондиционного тренинга, упражнения, выполняемые в ходе реабилитации и восстановления формы должны имитировать спортивную деятельность в рамках выбранного направления (т.е. соответствовать принципу специфичности) и быть функциональными. Примерами функционально-специфичного тренинга является силовое развитие с учетом рабочих амплитуд в суставах; мышечная деятельность на скоростях, близких к соревновательной деятельности; выполнение упражнений с закрытой кинематической цепью; а также упражнения, направленные на совершенствование характера нервно-мышечного контроля. В рамках процесса развития силовых аспектов следует начинать с общих упражнений и переходить к узкоспециальным движениям, разработанным с целью моделирования той двигательной деятельности, которая характерна для выбранного спортивного направления. К примеру, реабилитационные упражнения, которые следует предлагать баскетболисту, играющему на позиции атакующего или разыгрывающего защитника, получившему растяжение связок голеностопного сустава, на начальном этапе должны быть односуставными, после чего можно переходить к узкоспециальным движениям в привязке к выбранному виду спорта и позиции на игровой площадке (Рисунок 22.4). Специфичность деятельности в части скорости выполнения



Рисунок 22.5 Упражнения с закрытой кинематической цепью (a) Присед (движение вниз), (b) отжимания

движений является еще одним из варьируемых аспектов программы реабилитации. Упражнения, направленные на укрепление соответствующих тканей, используемые в процессе реабилитации, также должны соответствовать требованиям в части скорости выполнения движений; говоря другими словами, если атлет занимался теми видами деятельности, для которых характерна работа на высоких скоростях (к примеру спринтерский бег), то реабилитационные упражнения на соответствующем этапе также должны выполняться достаточно быстро. На примере Рисунка 22.4, показано, каким образом выполняется переход с относительно низкотемповых упражнений с контролем равновесия, а также упражнений, направленных на укрепление соответствующей мускулатуры, к более скоростным плиометрическим движениям и спринтерскому тренингу. Аналогичным образом, давайте рассмотрим пример бегуна-спринтера, который поучил разрыв мускулатуры задней поверхности бедра. Несмотря на то, что на первоначальном этапе реабилитации основное внимание следует уделять восстановлению гибкости и силовых возможностей поврежденной мускулатуры, сам характер спринтерского бега требует, чтобы на завершающих фазах реабилитации



Рисунок 22.6 Пример упражнения с открытой кинематической цепью: разгибания ног в тренажере



Рисунок 22.7 Спринтерский бег – это вид деятельности, при которой одновременно выполняются движения с открытой и закрытой кинематической цепью

Цели и стратегии в процессе реабилитации и восстановления формы

Несмотря на то, что программы реабилитации и восстановления формы должны быть индивидуализированными, ниже представлен перечень общих задач и способов их реализации:

Фаза воспалительной реакции

- Предотвращение повреждения новообразованных тканей и затяжного воспалительного процесса за счет относительного покоя и пассивной терапии.
- Поддержание функциональных возможностей кардио-респираторной системы, а также опорно-двигательного аппарата и периферийной нервной системы в области травмы.
- Использование активных типов нагружения травмированных тканей не допускается.

Фаза воспалительной реакции

- Предотвращение избыточной атрофии мышечных тканей и дегенерации суставных поверхностей в травмированной области.
- Поддержание функциональных возможностей кардио-респираторной системы, а также опорно-двигательного аппарата и периферийной нервной системы.
- Предлагаемые варианты физической деятельности:
 - изометрические, изокинетические и изотонические упражнения с субмаксимальными нагрузками
 - тренировочная деятельность, направленная на развитие чувства равновесия и проприоцепции

Фаза созревания-ремоделирования

- Оптимизация функционального состояния тканей
- Прогрессия нагрузки на кардио-респираторную систему, а также опорно-двигательный аппарат и периферийную нервную систему согласно представленной выше информации
- Предлагаемые варианты физической деятельности:
 - силовое развитие с учетом рабочих амплитуд движений в суставах
 - мышечная деятельность на скоростях, близких к соревновательной деятельности
 - выполнение упражнений с открытой (незамкнутой) и закрытой (замкнутой) кинематической цепью
 - тренировочная деятельность, направленная на развитие проприоцепции

и восстановления формы упражнения выполнялись на высоких скоростях. При реабилитации спортсмена, получившего растяжение мускулатуры задней поверхности бедра, можно использовать следующую последовательность упражнений (в привязке к фазам процесса восстановления): статическая растяжка мышц задней поверхности – эксцентрические силовые упражнения – концентрические силовые упражнения – динамическая растяжка – изотонические силовые упражнения, выполняемые на высоких скоростях. К примерам упражнений, учитывающих скоростную специфику спортивного направления, можно отнести упражнения с самостоятельным отягощением (сопротивление выполняется вручную), а также плиометрический и скоростной тренинг. В Главах 18 и 19 содержится более подробная информация в части плиометрического и скоростного тренинга соответственно.

С точки зрения тренинга под кинематической цепью понимают последовательное соединение из двух или более соседних суставов, образующих

связанную систему относительно подвижных кинематических пар (56). **Упражнение с закрытой кинематической цепью** – это движение, в ходе которого конечные звенья цепи (суставы) перемещаются в пространстве, преодолевая значительное сопротивление, которое ограничивает свободу движений (56); говоря другими словами, это упражнения, при которых дистальные суставы конечностей относительно неподвижны. Упражнения с закрытой кинематической цепью, направленные на проработку нижних конечностей, зачастую рассматриваются как более функциональные в сравнении с упражнения с открытой кинематической цепью (23, 63) в силу того, что преобладающая часть узкоспециальной спортивной деятельности происходит, когда обе стопы находятся в контакте с опорной поверхностью. К примеру, в ходе выполнения такого упражнения с закрытой кинематической цепью как присед, стопы атлета плотно прижаты к полу и не двигаются, выступая в качестве опоры (Рисунок 22.5а). Упражнения с закрытой кинематической

цепью имеют ряд преимуществ, включая повышение стабильности сустава, а также функциональный характер двигательных шаблонов; в ходе узкоспециальной двигательной деятельности в суставах, как правило, не происходит изолированных движений, скорее, верно обратное утверждение, согласно которому, рассматриваемые суставы обычно работают в тесном взаимодействии с соседними суставами и окружающей их мускулатурой. Несмотря на то, что упражнения с закрытой кинематической цепью, как правило, рассматриваются в привязке к нижним конечностям, также существуют упражнения с закрытой кинематической цепью, направленные на проработку верхних конечностей (Рисунок 22.5b) (35, 69).

Упражнения с открытой кинематической цепью, как правило, характеризуются выстраиванием цепочки суставов таким образом, что свобода движений последнего сустава ничем не ограничивается; упражнения с открытой кинематической цепью лучше подходят для выполнения движений, направленных на изолированную проработку той или иной мышцы или сустава (23). В качестве примера подобных упражнений можно привести разгибание ног в тренажере (в коленном суставе), в ходе которого стопы и область голени могут двигаться в заданных плоскостях без ограничений (Рисунок 22.6). Разгибание ног в тренажере позволяет более качественно изолировать четырехглавую мышцу бедра (квадрицепс) через работу в коленном суставе; для сравнения рассмотрим присед, в ходе которого мускулатура четырехглавой мышцы и коленные суставы работают в связке с тазобедренным и голеностопными суставами (Рисунок 22.5a). Несмотря на то, что упражнения с закрытой кинематической цепью рассматриваются в качестве более функциональных, в рамках преобладающей части видов деятельности используются движения как с закрытой, так и открытой кинематической цепью. К примеру, в рамках спринтерского бега, нижние конечности образуют закрытую цепь, а верхние - открытую, что свидетельствует о том, что данные виды деятельности могут происходить одновременно (Рисунок 22.7). В некоторых ситуациях, упражнения с открытой кинематической цепью могут обладать не меньшей эффективностью.

В ходе фазы созревания-ремоделирования следует продолжать выполнять и повышать сложность тех упражнений (предназначенных для совершенствования характера нервно-мышечного контроля), которые были предложены на фазе фиброплазии. Сводный перечень задач и стратегий процесса реабилитации и восстановления формы представлен в текстовой врезке выше.

Структура программы

Опыт профессионалов по силовому и кондиционному тренингу, который в наибольшей мере будет способствовать реабилитации и восстановлению формы травмированных атлетов,

лежит в области разработки программ тренинга с отягощениями, а также программ аэробного тренинга. Опыт в выборе упражнений для здоровых атлетов дает профессионалам в области силового и кондиционного тренинга возможность правильным образом адаптировать программы тренинга под потребности тех атлетов, которые находятся в процессе реабилитации. Несмотря на то, что для травмированных атлетов разработаны специализированные программы восстановления, в рамках преобладающей части таких программ не учитывается аспект необходимости наличия узкоспециальных движений; при этом, те принципы, на которых основывается процесс разработки программ аэробного тренинга, а также тренинга с отягощениями для здоровых атлетов, аналогичным образом должны учитываться в программах реабилитации и восстановления.

Тренинг с отягощениями

Было предложено несколько протоколов, предназначенных для упрощения процесса разработки программ тренинга с отягощениями (9, 12, 29, 57, 73), и многие из подобных программ были рекомендованы для использования в ходе реабилитации атлетов (9, 29, 36, 42, 73). В программах реабилитации, предложенных Де Лормом (9) и Зиновьевым (т.н. "Оксфордская система") (73) используется схема из 3 подходов по 10 повторений с применением принципа пирамиды. В рамках программы Де Лорма в каждом подходе (после выполнения разминочных) рабочий вес снаряда увеличивается. В первом подходе выполняется 10 повторений с отягощением на уровне 50% от 10-повторного максимума атлета (10ПМ); во втором подходе нагрузка увеличивается до уровня в 75% от 10ПМ; а в заключительном подходе атлет должен работать с отягощением 100% от 10ПМ (9, 10). Оксфордская система обратна системе Де Лорма; в рамках этой системы уровень отягощения снижается от подхода к подходу. Первый подход выполняется с нагрузкой 100% от 10ПМ атлета; второй подход - 75% от 10ПМ; а в третьем подходе отягощение составляет 50% от 10ПМ (73).

Система **Тренинга с отягощениями с возможностью ежедневной корректировки и прогрессивной нагрузкой (ТОЕКПН - daily adjustable progressive resistive exercise / DAPRE)**, разработанная Найтом (30) требует и позволяет более свободно варьировать интенсивность и объем тренинга в сравнении с Оксфордской системой и программой Де Лорма (9, 10, 73); система ТОЕКПН характеризуется выполнением 4 подходов, при этом, количество повторений варьируется от 10 и, в некоторых случаях вплоть до 1 в последнем подходе. В первом подходе выполняется 10 повторений с нагрузкой 50% от оценочного уровня 1ПМ, во втором подходе атлет должен сделать 6 повторений с отягощением в 75% от оценочного уровня 1ПМ. Третий подход по системе ТОЕКПН предполагает выполнение максимального количества повторений

с весом 100% от оценочного 1ПМ; количество повторений, которое атлет сможет сделать в третьем подходе, определяет величину корректировки уровня отягощения для четвертого подхода (см. Таблицу 22.2). Системы Де Лорма, Оксфордская и Найта доказанно способствуют развитию мышечной силы (10, 30, 36, 42, 73) и их использование может быть целесообразным в процессе разработки программы тренинга с отягощениями для атлета, который проходит реабилитацию. Тем не менее, программы реабилитации и восстановления формы атлетов требуют, чтобы в рамках таких программ учитывались узкоспециальные требования выбранного спортивного направления. Несмотря на то, что перечисленные схемы тренинга (10, 30, 73) представляя собой программы развития силы, они не обладают достаточным уровнем гибкости, что не позволяет применять их индивидуально к атлетам, выступающим в различных видах спорта.

Программы, нацеленные на проработку как здоровых, так и поврежденных тканей травмированного атлета, требуют, чтобы в ходе их разработки учитывались принципы, изложенные в Главе 17. Согласно принципу Адаптационных изменений, обусловленных характером воздействия (АИХВ / SAID), система будет адаптироваться под то воздействие, которое на неё оказывается. Таким образом, задача тренинга (стимуляция адаптационных изменений в нужном направлении) должна определять структуру программы тренинга с отягощениями (работа в рамках которой представляет собой требуемый стимул). К примеру, в ходе фазы ремоделирования в процессе реабилитации бегуна-марафонца, получившего травму области надколенника, квадрицепс следует тренировать с упором на мышечную выносливость. Таким образом, при выполнении реабилитационных упражнений атлету следует выполнять значительное количество повторений для того, чтобы подготовить мускулатуру под задачи бега на длинные дистанции. Верно и обратное, тяжелоатлету, который восстанавливается после аналогичной травмы, в процессе реабилитации на заключительном этапе фазы ремоделирования следует выполнять упражнения высокоинтенсивного характера с меньшим количеством повторений для того, чтобы его мускулатура была готова работать именно по профилю данного вида спорта. См. Таблицу ниже (шапка Таблицы красного цвета), в которой содержится пример сравнения стратегий реабилитации двух рассматриваемых атлетов.

Аэробный и анаэробный тренинг

Несмотря на то, что исследователям еще только предстоит определить образ максимальной эффективной программы аэробного тренинга, которую следует применять в процессе реабилитации, общепризнано, что подобная программа должна в максимально возможной степени моделировать специфику спортивного направления и характер протекания обменных процессов, который соответствует выбранному типу деятельности. Профессионал в области силовой и кондиционного тренинга, который имеет опыт разработки и внедрения программ тренинга для здоровых атлетов, является идеальным кандидатом для включения в состав команды спортивных медиков с тем, чтобы его область ответственности заключалась в разработке программы реабилитации травмированного атлета посредством аэробного тренинга и отслеживании за ходом ее выполнения. Как и при разработке программ тренинга с отягощениями, профессионалы по силовой и кондиционной подготовке должны принимать во внимание конкретные требования, которые накладывает на травмированного атлета выбранное им спортивное направление. Профессионал по силовой и кондиционной подготовке может использовать методологические рекомендации, изложенные в Главах 17 и 20 в целях разработки соответствующей программы тренинга для того, чтобы упростить возвращение атлета к соревновательной деятельности при том условии, что в процессе разработки им учитываются упомянутые выше требования, а также противопоказания, связанные с полученной атлетом травмой.

Давайте вернемся к примеру травмы области надколенника, полученной бегуном-марафонцем, борцом и тяжелоатлетом; требования в части затрат на уровне обменных процессов в значительной степени различаются для каждого из перечисленных направлений деятельности. С точки зрения бегуна-марафонца, определяющим аспектом являются уровень аэробной работоспособности, и решать этот вопрос необходимо в безотлагательном порядке. Требования в части энергозатрат на уровне обменных процессов для борца предполагают определенное сочетание использования аэробного и анаэробного механизмов ресинтеза энергии; таким образом, ему больше подходит интервальный тренинг (16). В противоположность этому, программа, направленная на реабилитацию

Таблица 22.2 Спринтерский бег – это вид деятельности, при которой одновременно выполняются движения с открытой и закрытой кинематической цепью

Количество повторений, выполненных в третьем подходе	Рекомендация в части величины корректировки для выполнения четвертого подхода	Рекомендация в части величины Корректировка уровня отягощения для следующей тренировки
0-2	Снизить вес (“-”) на 5 - 10 фунтов (2.3 – 4.5 кг)	Снизить вес (“-”) на 5 - 10 фунтов (2.3 – 4.5 кг)
3-4	Снизить вес (“-”) на 0 - 5 фунтов (0 – 2.3 кг)	Тот же уровень отягощения
5-6	Тот же уровень отягощения	Увеличить вес (“+”) на 5 - 10 фунтов (2.3 – 4.5 кг)
7-10	Увеличить вес (“+”) на 5 - 10 фунтов (2.3 – 4.5 кг)	Увеличить вес (“+”) на 5 - 15 фунтов (2.3 – 6.8 кг)
11	Увеличить вес (“+”) на 10 - 15 фунтов (4.5 – 6.8 кг)	Увеличить вес (“+”) на 10 - 20 фунтов (4.5 – 9 кг)

Пример методологии разработки программы тренинга с отягощениями, предназначенной для реабилитации и восстановления формы после травмы области надколенника

Фаза процесса реабилитации	Параметр	Атлет	
		Бегун-марафонец	Тяжелоатлет
Фаза воспалительной реакции	Задачи деятельности и выбор упражнений	<ul style="list-style-type: none"> Деятельность не должна затрагивать область квадрицепса – относительный покой указанной области необходим для того, чтобы снизить воспаление Поддержание мышечной силы и выносливости соседних групп (т.е. мышц-разгибателей бедра, мышц-сгибателей колена, а также мышцы, с помощью которых выполняется подошвенное сгибание) Сохранение уровня работоспособности кардио-респираторной системы 	<ul style="list-style-type: none"> Деятельность не должна затрагивать область квадрицепса – относительный покой указанной области необходим для того, чтобы снизить воспаление Поддержание мышечной силы и выносливости соседних групп (т.е. мышц-разгибателей бедра, мышц-сгибателей колена, а также мышцы, с помощью которых выполняется подошвенное сгибание) Сохранение силовых и мощностных возможностей мускулатуры верхней части тела
Фаза фиброплазии	Задачи деятельности и выбор упражнений	<ul style="list-style-type: none"> Укрепление мускулатуры квадрицепса посредством изометрических упражнений с полноамплитудным разгибанием в коленном суставе (и последующим переходом к работе с разными углами разгибания) Переход к безболезненному укреплению квадрицепса в рамках выполнения изотонических упражнений (после получения допуска от команды спортивных медиков) Продолжайте тренировать соседние группы мышц Продолжайте выполнять аэробные упражнения; можно начинать работу на велотренажере или степере (согласно рекомендациям команды спортивных медиков) 	<ul style="list-style-type: none"> Укрепление мускулатуры квадрицепса посредством изометрических упражнений с полноамплитудным разгибанием в коленном суставе (и последующим переходом к работе с разными углами разгибания) Переход к безболезненному укреплению квадрицепса в рамках выполнения изотонических упражнений (после получения допуска от команды спортивных медиков) Продолжайте тренировать соседние группы мышц Продолжайте выполнять упражнения, направленные на развитие силовых и мощностных возможностей мускулатуры верхней части тела
	Подходы × повторения	2-3 × 15-20	3-4 × 8-10
	Интенсивность	Субмаксимальная (не более 50% от 1ПМ)	Субмаксимальная (не более 50% от 1ПМ)
Фаза созревания-ремоделирования	Задачи деятельности и выбор упражнений	<ul style="list-style-type: none"> Начинайте вводить в процесс узкоспециальную деятельность, выполнять соответствующие движения на соответствующих скоростях Возвращайтесь к бегу, постепенно увеличивайте дистанцию и скорость деятельности Добавляйте выпады и присед (по возможности наращивайте амплитуду движений в коленном суставе) 	<ul style="list-style-type: none"> Начинайте вводить в процесс узкоспециальную деятельность, выполнять соответствующие движения на соответствующих скоростях Увеличивайте скорость выполнения движения примерно до уровня соревновательной Добавьте Румынскую тягу, т.е. тягу на прямых ногах, а также присед (по возможности наращивайте амплитуду движений в коленном суставе)
	Подходы × повторения	2-3 × 15-20	4-5 × 3-8
	Интенсивность	Переходите к максимальной интенсивности (50-75% от 1ПМ)	Переходите к максимальной интенсивности (более 75% от 1ПМ)

тяжелоатлета, в первую очередь должна быть нацелена на сохранение уровня анаэробной работоспособности. Выбор снарядов, используемых в ходе тренинга, должен зависеть от того, какая область тела травмирована и нуждается в проработке. Несмотря на важность соблюдения

принципа специфичности, прироста работоспособности можно добиться и посредством занятий физической деятельностью, затрагивающей иные области мускулатуры (к примеру, проработки мускулатуры верхней части тела с целью улучшения характера потребления кислорода) (61). В целях

варьирования структуры программ аэробного и анаэробного тренинга можно использовать достаточно широкий спектр различных устройств и вариантов деятельности, включая эргометр для верхней части тела, метод “бега в глубокой воде”, проработку нижних конечностей на велотренажере и эллиптическом тренажере. Стратегии, направленные на сохранение работоспособности кардио-респираторной системы, можно применять на достаточно раннем этапе, даже в ходе фазы воспалительной реакции. Как уже подчеркивалось ранее, важно понимать, что для наиболее эффективного заживления следует действовать так, чтобы нагрузка на поврежденные ткани была минимальной, при этом, соответствующим образом следует прорабатывать области, которые не были затронуты травмой. В качестве примера можно привести игрока в футбол с острой травмой правого коленного сустава.

Хотя варианты укрепления области голеностопа правой ноги на начальном этапе лечения могут быть достаточно сильно ограничены, атлет по-прежнему может выполнять упражнения, направленные на проработку области бедра, а также тренировать область голени левой ноги (к примеру, выполняя приседания на одной ноге с отягощениями).

Разработка программ силового и кондиционного тренинга для травмированных атлетов требует от профессионала по силовой и кондиционной подготовке понимания целей процесса реабилитации и восстановления формы для определения того типа программы, который бы способствовал максимально быстрому возврату к соревновательной деятельности.



Рисунок 22.8 Два аспекта, которые могут быть использованы в целях снижения риска травм нижних конечностей – это (a) правильная техника выполнения прыжков и приземлений в ходе выполнения плиометрических упражнений и (b, c) присед на одной ноге (прим. перев. т.н. Болгарский присед), в ходе которого делается акцент на одностороннюю работу с отягощением.

Существует вероятность того, что профессионалу по силовой и кондиционной подготовке потребуется определенным образом видоизменить упражнения на нетравмированную левую ногу для того, чтобы предотвратить какое-либо участие в работе области голеностопа правой ноги и гарантировать его полную защищенность. Упражнения, направленные на проработку нетравмированной конечности, могут способствовать развитию мышечной силы поврежденной конечности (33, 34). Таким образом, с точки зрения травмированного атлета достаточно важно продолжать заниматься общей физической подготовкой и упражнениями силового характера с целью сохранения и повышения работоспособности тех областей мускулатуры, которые не были затронуты травмой.

Снижение риска первичных и повторных травм

В дополнение к использованию различных стратегий силового и кондиционного тренинга в привязке к процессу реабилитации травмированных атлетов, профессионалам по силовой и кондиционной подготовке следует использовать результаты научных и клинических исследований в целях снижения рисков как первичных травм, так и повторных травм той же области, которые являются следствием некачественной реабилитации (49, 58). Были разработаны и структурно оформлены программы тренинга нижних (15, 17, 21, 48) и верхних конечностей (35, 71). Подобные программы зачастую учитывают специфику выбранного спортивного направления и позволяют снизить риски наиболее вероятных травм в этих видах спорта.

Наличие более ранних травм является одним из наиболее серьезных факторов риска повторных травм у тех, кто занимается физической активностью (19, 47, 54, 59). К факторам риска получения травмы верхних конечностей относят снижение амплитуды движений в плечевом суставе, лопаточную дискинезию, а также снижение силы мускулатуры области плеча (6, 7, 70). В целях снижения риска травм верхних конечностей зачастую используется программа, в структуру которой входят упражнения на увеличение амплитуды движений, а также “10 движений бросающего” (т.н. Throwers Ten) (71). К числу факторов риска травм нижних конечностей относят дисфункцию систем, отвечающих за чувство равновесия, снижение нервно-мышечного контроля в момент приземления после прыжка, а также снижение силы мускулатуры нижних конечностей (2, 31, 72). Программы тренинга нижних конечностей должны учитывать специфику выбранного спортивного направления и способствовать усилению нервно-мышечного контроля при занятиях деятельностью типа прыжков и смен направления движения. Два аспекта, которые могут быть использованы в целях снижения риска травм нижних конечностей – это правильная техника выполнения прыжков и приземлений в ходе выполнения плиометрических упражнений

(Рисунок 22.8a) и присед на одной ноге с акцентом на одностороннюю работу с отягощением (Рисунок 22.8b).

Наличие более ранних травм является одним из наиболее серьезных факторов риска повторных травм у тех, кто занимается физической активностью. Программы тренинга нижних конечностей должны учитывать специфику выбранного спортивного направления и способствовать усилению нервно-мышечного контроля при занятиях деятельностью типа прыжков и смен направления движения.

Несмотря на существование программ, направленных на снижение риска травм верхних конечностей (71), основной объем исследований был сконцентрирован на предотвращении травм нижних конечностей, в особенности повреждений передней крестообразной связки (ПКС) коленного сустава. Двумя примерами специализированных программ, направленных на снижение риска травм ПКС являются протокол “Sportsmetrics” (21) и программа PEP (Prevent Injury and Enhance Performance – Предотвращение Рисков и Повышение Работоспособности) (39). Несмотря на то, что в рамках указанных программ делаются несколько различные акценты, в каждой из них используются упражнения и движения, которые, как было продемонстрировано соответствующими научными работами, позволяют устранять факторы риска травм, а также снижать степень травматизма нижних конечностей, в особенности повреждений ПКС и растяжений связок голеностопного сустава (15, 17, 21, 48). Кроме того, было доказано, что использование эксцентрических упражнений позволяет в значительной степени снизить риск травм мускулатуры задней поверхности бедра (46, 50).

После возвращения к соревновательной деятельности, у атлетов по-прежнему может наблюдаться падение силовых и функциональных возможностей, а также качества биомеханики движений (45, 55). Падение возможностей можно оценить по работе нетравмированной конечности или (37) или действующим нормативным показателям (11, 25). Снижение силовых и функциональных возможностей реабилитированной конечности на 10% относительно нетравмированной следует рассматривать в качестве приемлемого (37). Период перехода от реабилитации под наблюдением соответствующих специалистов к спортивной деятельности без каких-либо ограничений является критически важным отрезком, в ходе которого члены команды спортивных медиков должны поддерживать постоянную связь с целью определения того, каким образом следует устранять падение силовых возможностей и работоспособности.

Заключение

Эффективная реабилитация и восстановление после спортивных травм требует эффективной коммуникации между всеми членами команды спортивных медиков. Каждый член команды играет важную роль в процессе возвращения атлета к состоянию нормальной работоспособности; несмотря на то, что перед ними стоят различные задачи. В процессе реабилитации необходимо определять цели терапии применительно к каждому атлету индивидуально, после чего необходимо разработать программу терапевтической двигательной деятельности, контролировать ход ее выполнения и увеличивать ее сложность в соответствии с течением процесса регенерации тканей. Для того, чтобы атлет максимально быстрым и эффективным образом вернулся к нормальной тренировочной работе и соревновательным выступлениям программа должна быть построена под его индивидуальные потребности. Мероприятия, проводимые с целью защиты и укрепления поврежденных тканей на начальном этапе реабилитации, должны быть более жестко спланированы и организованы в сравнении с мероприятиями на более поздних этапах; при этом, на более поздних этапах следует наращивать сложность посредством перехода на узкоспециальную деятельность, которая более точно моделирует аспекты выбранного спортивного направления и специфику роли игрока на поле. Разработка программы реабилитации травмированных атлетов требует тщательного изучения тех требований, которые диктуются выбором спортивного направления, а также понимания процесса заживления тканей и особенностей тренинга в терапевтических целях.

Ключевые термины

Воспаление	Подвывих	Травма
Восстановление	Показание	Тренинг с отягощениями с возможностью ежедневной
Врач команды	Проприоцепция	корректировки и прогрессией
Вывих	Противопоказание	и нагрузок (ТОЕКПН)
Закрытая кинематическая цепь	Профессионал по силовой и	Ушиб
Инструктор ЛФК	кондиционной подготовке	Фаза воспалительной реакции
Методист	Психиатр	Фаза созревания-ремоделирования
Микротравма	Разрыв	Фаза фиброплазии
Нервно-мышечный контроль	Растяжение	Физиолог
Нутрициолог	Ремоделирование	Физиотерапевт
Отек	Спортивный терапевт	Физическое вещество
Открытая кинематическая цепь	Тендинит	

Вопросы для закрепления материала

- Каждый из перечисленных ниже специалистов может осуществлять врачебный контроль в ходе матча университетских команд по футболу ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ
 - спортивного терапевта
 - врача команды
 - сертифицированного специалиста по силовой и кондиционной подготовке
 - аттестованного спортивного физиотерапевта
- Какой из перечисленных ниже типов повреждений, как правило, не является усталостной травмой?
 - усталостный перелом
 - повреждение связок в суставе III степени тяжести
 - тендинит
 - повреждение по типу микротравмы
- Какое из перечисленных ниже явлений не является одной из фаз заживления травмированной ткани?
 - воспалительная реакция
 - регенераторная гипертрофия
 - созревание-ремоделирование
 - фиброплазия
- Каким из перечисленных ниже типов физической активности не следует заниматься на фазе воспалительной реакции при растяжении внутренней боковой связки колена?
 - плиометрический тренинг нижних конечностей
 - укрепление квадрицепса посредством изометрических упражнений с субмаксимальным уровнем нагрузок
 - укрепление тазобедренного сустава
 - эргометрия верхних конечностей
- Мускулатура вращательной манжеты плеча выполняет роль стабилизации плечевого сустава. Какой диапазон повторений является НАИБОЛЕЕ ПОДХОДЯЩИМ с точки зрения работы на выносливость мускулатуры вращательной манжеты плеча на фазе созревания-ремоделирования процесса реабилитации после тендинита вращательной манжеты (надостная мышца) применительно к игроку в баскетбол?
 - 3-5
 - 5-8
 - 8-12
 - 12-20

Список использованной литературы

1. Adams, D, Logerstedt, DS, Hunter-Giordano, A, Axe, MJ, and Snyder-Mackler, L. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: A criterion-based rehabilitation progression. *J Orthop Sports Phys Ther* 42:601-614, 2012.
2. Alentorn-Geli, E, Myer, G, Silvers, H, Samitier, G, Romero, D, Lázaro-Haro, C, and Cugat, R. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17:705-729, 2009.
3. Behrens, SB, Deren, ME, Matson, A, Fadale, PD, and Monchik, KO. Stress fractures of the pelvis and legs in athletes: A review. *Sports Health* 5:165-174, 2013.
4. Burkhart, SS, Johnson, TC, Wirth, MA, and Athanasiou, KA. Cyclic loading of transosseous rotator cuff repairs: Tension overload as a possible cause of failure. *Arthroscopy* 13:172-176, 1997.
5. Byl, NN, McKenzie, AL, West, JM, Whitney, JD, Hunt, TK, and Scheuenstuhl, HA. Low-dose ultrasound effects on wound healing: A controlled study with yucatan pigs. *Arch Phys Med Rehabil* 73:656-664, 1992.
6. Byram, IR, Bushnell, BD, Dugger, K, Charron, K, Harrell, FE, and Noonan, TJ. Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *Am J Sports Med* 38:1375-1382, 2010.
7. Clarsen, B, Bahr, R, Andersson, SH, Munk, R, and Myklebust, G. Reduced glenohumeral rotation, external rotation weakness and scapular dyskinesis are risk factors for shoulder injuries among elite male handball players: A prospective cohort study. *Br J Sports Med* 48:1327-1333, 2014.
8. Courson, R, Goldenberg, M, Adams, KG, Anderson, SA, Colgate, B, Cooper, L, Dewald, L, Floyd, RT, Gregory, DB, Indelicato, PA, Klossner, D, O'Leary, R, Ray, T, Selgo, T, Thompson, C, and Turbak, G. Inter-association consensus statement on best practices for sports medicine management for secondary schools and colleges. *J Athl Train* 49:128-137, 2014.
9. De Lorme, TL. Restoration of muscle power by heavy resistance exercise. *J Bone Joint Surg* 27:645-667, 1945.
10. De Lorme, TL, and Watkins, AL. Technics of progressive resistance exercise. *Arch Phys Med* 29:263-273, 1948.
11. Dwelly, PM, Tripp, BL, Tripp, PA, Eberman, LE, and Gorin, S. Glenohumeral rotational range of motion in collegiate overhead-throwing athletes during an athletic season. *J Athl Train* 44:611-616, 2009.
12. Fleck, SJ, and Kraemer, WJ. *Designing Resistance Training Programs*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.
13. Freeman, MAR, and Wybe, B. Articular contributions to limb muscle reflexes: The effects of a partial neurectomy of the knee joint on postural reflexes. *Br J Surg* 53:61, 1966.
14. Fukuda, TY, Melo, WP, Zaffalon, BM, Rossetto, FM, Magalhaes, E, Bryk, FF, and Martin, RL. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther* 42:823-830, 2012.
15. Gilchrist, J, Mandelbaum, BR, Melancon, H, Ryan, GW, Silvers, HJ, Griffin, LY, Watanabe, DS, Dick, RW, and Dvorak, J. A randomized controlled trial to prevent noncontact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players. *Am J Sports Med* 36:1476-1483, 2008.
16. Grindstaff, TL, and Potach, DH. Prevention of common wrestling injuries. *Strength Cond J* 28:20-28, 2006.
17. Grooms, DR, Palmer, T, Onate, JA, Myer, GD, and Grindstaff, T. Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *J Athl Train* 48:782-789, 2013.
18. Gross, MT. Chronic tendinitis: Pathomechanics of injury, factors affecting the healing response, and treatment. *J Orthop Sports Phys Ther* 16:248-261, 1992.
19. Hägglund, M, Waldén, M, and Ekstrand, J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: A prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med* 40:767-772, 2006.
20. Herring, SA, Kibler, WB, and Putukian, M. Team physician consensus statement: 2013 update. *Med Sci Sports Exerc* 45:1618-1622, 2013.
21. Hewett, TE, Lindenfeld, TN, Riccobene, JV, and Noyes, FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study. *Am J Sports Med* 27:699-706, 1999.
22. Hildebrand, KA, Gallant-Behm, CL, Kydd, AS, and Hart, DA. The basics of soft tissue healing and general factors that influence such healing. *Sports Med Arthrosc* 13:136-144, 2005.
23. Hillman, S. Principles and techniques of open kinetic chain rehabilitation: The upper extremity. *J Sport Rehabil* 3:319-330, 1994.
24. Houghlum, PA. Soft tissue healing and its impact on rehabilitation. *J Sport Rehabil* 1:19-39, 1992.
25. Hurd, WJ, Kaplan, KM, Eiatrache, NS, Jobe, FW, Morrey, BF, and Kaufman, KR. A profile of glenohumeral internal and external rotation motion in the uninjured high school baseball pitcher, part I: Motion. *J Athl Train* 46:282-288, 2011.
26. Ireland, ML, Willson, JD, Ballantyne, BT, and Davis, IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 33:671-676, 2003.
27. Jackson, BA, Schwane, JA, and Starcher, BC. Effect of ultrasound therapy on the repair of achilles tendon injuries in rats. *Med Sci Sports Exerc* 23:171-176, 1991.
28. Knapik, JJ, Mawdsley, RH, and Ramos, MU. Angular specificity and test mode specificity of isometric and isokinetic strength training. *J Orthop Sports Phys Ther* 5:58-65, 1983.
29. Knight, KL. Knee rehabilitation by the daily adjustable progressive resistive exercise technique. *Am J Sports Med* 7:336-337, 1979.
30. Knight, KL. Quadriceps strengthening with the dapre technique: Case studies with neurological implications. *Med Sci Sports Exerc* 17:646-650, 1985.
31. Lankhorst, NE, Bierma-Zeinstra, SMA, and Middelkoop, MV. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther* 42:81-94, 2012.
32. Leadbetter, WB. Cell-matrix response in tendon injury. *Clin Sports Med* 11:533-578, 1992.

33. Lee, M, and Carroll, TJ. Cross education: Possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med*37:1-14, 2007.
34. Lee, M, Gandevia, SC, and Carroll, TJ. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. *Clin Neurophysiol* 120:802-808, 2009.
35. Leggin, BG, Sheridan, S, and Eckenrode, BJ. Rehabilitation after surgical management of the thrower's shoulder. *Sports Med Arthrosc*20:49-55, 2012.
36. Leighton, JR, Holmes, D, Benson, J, Wooten, B, and Schmerer, R. A study of the effectiveness of ten different methods of progressive resistance exercise on the development of strength, flexibility, girth, and body weight. *J Assoc Phys Ment Rehabil* 21:78-81, 1967.
37. Logerstedt, D, Lynch, A, Axe, M, and Snyder-Mackler, L. Symmetry restoration and functional recovery before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*21:859-868, 2013.
38. Lorenz, D, and Reiman, M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: Tendinopathy, hamstring strains, and ACL reconstruction. *Int J Sports Phys Ther* 6:27-44, 2011.
39. Mandelbaum, BR, Silvers, HJ, Watanabe, DS, Knarr, JF, Thomas, SD, Griffin, LY, Kirkendall, DT, and Garrett, W Jr. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med* 33:1003-1010, 2005.
40. Martimbianco, ALC, Gomes-da Silva, BN, de Carvalho, APV, Silva, V, Torloni, MR, and Peccin, MS. Effectiveness and safety of cryo-therapy after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A systematic review of the literature. *Phys Ther Sport* 15:261-268, 2014.
41. Mascal, CL, Landel, R, and Powers, C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther* 33:647-660, 2003.
42. McMorris, RO, and Elkins, EC. A study of production and evaluation of muscular hypertrophy. *Arch Phys Med Rehabil* 35:420-426, 1954.
43. Mellion, MB, Walsh, WM, and Shelton, GL. *The Team Physician's Handbook*. Philadelphia: Hanley & Belfus, 1-150, 1997.
44. Mueller, MJ, and Maluf, KS. Tissue adaptation to physical stress: A proposed "physical stress theory" to guide physical therapist practice, education, and research. *Phys Ther* 82:383-403, 2002.
45. Myer, GD, Martin, L, Ford, KR, Paterno, MV, Schmitt, LC, Heidt, RS, Colosimo, A, and Hewett, TE. No association of time from surgery with functional deficits in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction: Evidence for objective return-to-sport criteria. *Am J Sports Med* 40:2256-2263, 2012.
46. Nichols, AW. Does eccentric training of hamstring muscles reduce acute injuries in soccer? *Clin J Sport Med* 23:85-86, 2013.
47. Nilstad, A, Andersen, TE, Bahr, R, Holme, I, and Steffen, K. Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *Am J Sports Med* 42:940-948, 2014.
48. Olsen, OE, Myklebust, G, Engebretsen, L, Holme, I, and Bahr, R. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: Cluster randomised controlled trial. *Br Med J* 330:449, 2005.
49. Paterno, MV, Rauh, MJ, Schmitt, LC, Ford, KR, and Hewett, TE. Incidence of second ACL injuries 2 years after primary ACL reconstruction and return to sport. *Am J Sports Med*, 42:1567-1573, 2014.
50. Petersen, J, Thorborg, K, Nielsen, MB, Budtz-Jørgensen, E, and Hölmich, P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: A cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 39:2296-2303, 2011.
51. Ramirez, A, Schwane, JA, McFarland, C, and Starcher, BC. The effect of ultrasound on collagen synthesis and fibroblast proliferation *in vitro*. *Med Sci Sports Exerc* 29:326-332, 1997.
52. Rees, JD, Maffulli, N, and Cook, J. Management of tendinopathy. *Am J Sports Med* 37:1855-1867, 2009.
53. Riemann, BL, and Lephart, SM. The sensorimotor system, part II: The role of proprioception in motor control and functional joint stability. *J Athl Train* 37:80-84, 2002.
54. Saragiotto, B, Yamato, T, Hespanhol, L, Jr., Rainbow, M, Davis, I, and Lopes, A. What are the main risk factors for running-related injuries? *Sports Med* 44:1153-1163, 2014.
55. Schmitt, LC, Paterno, MV, and Hewett, TE. The impact of quadriceps femoris strength asymmetry on functional performance at return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 42:750-759, 2012.
56. Steindler, A. *Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions*. Springfield, IL: Charles C Thomas, 82, 1955.
57. Stone, M, and O'Bryant, H. *Weight Training: A Scientific Approach*. Minneapolis: Burgess International, 1987.
58. Sugimoto, D, Myer, G, Barber-Foss, K, and Hewett, T. Dosage effects of neuromuscular training intervention to reduce anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Meta- and sub-group analyses. *Sports Med* 44:551-562, 2014.
59. Tate, A, Turner, GN, Knab, SE, Jorgensen, C, Strittmatter, A, and Michener, LA. Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train*47:149-158, 2012.
60. Tippet, SR. *Coaches Guide to Sport Rehabilitation*. Champaign, IL: Leisure Press, 1990.
61. Tordi, N, Belli, A, Mouglin, F, Rouillon, JD, and Gimenez, M. Specific and transfer effects induced by arm or leg training. *Int J Sports Med* 22:517-524, 2001.
62. Van den Bekerom, MP, Struijs, PA, Blankevoort, L, Welling, L, van Dijk, CN, and Kerkhoffs, GM. What is the evidence for rest, ice, compression, and elevation therapy in the treatment of ankle sprains in adults? *J Athl Train* 47:435-443, 2012.
63. Voight, ML, and Cook, G. Clinical application of closed kinetic chain exercises. *J Sport Rehabil* 5:25-44, 1996
64. Voight, ML, and Thomson, BC. The role of the scapula in the rehabilitation of shoulder injuries. *J Athl Train* 35:364-372, 2000.
65. Wathen, D. Communication: Athletic trainer/conditioning coach relations—communication is the key. *NSCA J* 6:32-33, 1984.
66. Wilder, RP, and Sethi, S. Overuse injuries: Tendinopathies, stress fractures, compartment syndrome, and shin splints. *Clin Sports Med*23:55-81, 2004.
67. Wilk, KE, and Arrigo, CA. An integrated approach to upper extremity exercises. *Orthop Phys Ther Clin N Am* 1:337, 1992.
68. Wilk, KE, Arrigo, CA, and Andrews, JR. The rehabilitation program of the thrower's elbow. *J Orthop Sports Phys Ther* 17:225-239, 1993.

69. Wilk, KE, Macrina, LC, Cain, EL, Dugas, JR, and Andrews, JR. Rehabilitation of the overhead athlete's elbow. *Sports Health* 4:404-414, 2012.
70. Wilk, KE, Macrina, LC, Fleisig, GS, Aune, KT, Porterfield, RA, Harker, P, Evans, TJ, +
71. and Andrews, JR. Deficits in glenohumeral passive range of motion increase risk of elbow injury in professional baseball pitchers: A prospective study. *Am J Sports Med* 42:2075-2081, 2014.
73. Wilk, KE, Yenchak, AJ, Arrigo, CA, and Andrews, JR. The advanced throwers ten exercise program: A new exercise series for enhanced dynamic shoulder control in the overhead throwing athlete. *Phys Sportsmed* 39:90-97, 2011.
74. Willems, TM, Witvrouw, E, Delbaere, K, Mahieu, N, De Bourdeaud-huij, I, and De Clercq, D. Intrinsic risk factors for inversion ankle sprains in male subjects: A prospective study. *Am J Sports Med* 33:415-423, 2005.
75. Zinovieff, AN. Heavy resistance exercise: The Oxford technique. *Br J Phys Med* 14:129, 1951.

DEMO BEPCMR

ГЛАВА 23

Планировка, облик и организация спортивного сооружения

Автор главы Андреа Худи, Магистр Наук

После прочтения этой главы вы сможете:

- Дать описание процесса строительства нового спортивного сооружения с перечислением основных этапов, включая разработку эскизного проекта, разработку проектно-конструкторской документации, строительные работы и ввод объекта в эксплуатацию;
- Дать описание процесса модернизации существующего спортивного сооружения, и определить различия между строительством нового сооружения и модернизацией или реновацией существующего;
- Объяснить, каким образом следует проводить оценку требований, заложенных в программе тренинга, чтобы построенное сооружение позволяло проводить нужный тип тренинга по такой программе;
- Объяснить, каким образом в проект должны быть заложены отдельные параметры будущего здания, включая место для дежурного тренера, высоту потолка, тип покрытия пола, конструктивные особенности, позволяющие защититься от воздействия окружающей среды, электрическую разводку в здании, и расположение зеркал;
- Объяснить, как необходимо расставлять тренажеры, а также прочее тренировочное оборудование и снаряды в группы для тренинга по соответствующим направлениям для того, чтобы повысить пропускную способность зала; и
- Объяснить требования к техническому обслуживанию и чистке соответствующих поверхностей и оборудования, которое находится в зале силового и кондиционного тренинга.

Автор главы хотел бы выразить благодарность Майклу Гринвуду и Лори Гринвуд за значительный вклад в работу над этой главой

ДЕМО ВЕРСИЯ

Процесс организации проектирования и строительства нового сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга, требует тщательного планирования, которое должно осуществляться командой опытных профессионалов. В данной главе содержится описание различных этапов планирования строительства нового сооружения, а также рассказывается о процессах проектировании и организации сооружения, кроме того, дается информация в части технического обслуживания оборудования. В этой главе также будет представлена общая информация о модернизации здания. В рамках проектных работ, в конструкцию здания должны быть заложены аспекты, позволяющие учесть силовой характер двигательной деятельности атлетов, а также потребности, связанные с работой персонала для того, чтобы компоновка всех элементов позволяла участникам процесса работать наиболее эффективным образом.

Основные аспекты проектирования нового сооружения

Строительство нового сооружения с нуля требует много времени и соответствующих объемов планирования. Один из первоочередных шагов данного процесса заключается том, чтобы собрать команду профессионалов. В состав команды должны входить: представитель заказчика, архитектор, проектировщики, юристы, а также люди, которые в дальнейшем будут участвовать в эксплуатации здания. Кроме того, следует рассмотреть возможность включения в состав команды как минимум одного инструктора, тренера или иного эксперта, который в будущем будет работать в этом здании, что уже на этапе разработки проекта позволит вывести безопасность и объем используемых площадей на максимально возможный уровень. Описанная выше команда будет оказывать помощь в проектировании, а также будет рассматривать аспекты, связанные с экономической составляющей процесса строительства нового сооружения. Одной из самых сложных задач, которая стоит на этапе проектирования сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга, является подгонка внешнего и внутреннего вида сооружения под требования заказчика и целевой клиентуры. На Рисунке 23.1 представлены четыре этапа строительства нового сооружения, при этом, для каждого этапа обозначены основные задачи.

Этап разработки эскизного проекта

Этап разработки эскизного проекта является первым в процессе строительства нового здания. В рамках данного этапа необходимо провести анализ потребностей и оценку целесообразности, а также разработать генеральный план. По завершении этапа разработки эскизного проекта в команду следует привлечь архитектора, пользующегося хорошей

репутацией – вполне вероятно что данная рекомендация может быть реализована путем проведения тендерных процедур – после чего должна быть начата разработка детального плана (чертежа) объекта.

Анализ потребностей – это процесс и подэтап, в рамках которого проектировщики работают совместно с экспертами в области физической подготовки для того, чтобы совместно определить требования, диктуемые тренировочным процессом, и заложить их в конструкцию здания (5). К примеру, в ходе анализа потребностей следует руководствоваться ответами на следующие вопросы: “Сколько места необходимо для тренинга?” и “Какое оборудование будет располагаться в том или ином месте?” Результаты анализа потребностей должны укладываться в рамки и соответствовать методологии работы профессионалов по силовой и кондиционной подготовке, а также учитывать необходимость выполнения требований, заложенных самой программой тренинга. К примеру, если тренер регулярно дает клиентам плиометрические упражнения или кондиционную работу, то область, в которой планируется заниматься подобной деятельностью, должна быть отделена от остальных.

Вторая часть этапа разработки эскизного проекта заключается **оценке целесообразности проекта**. В процессе оценки целесообразности должен быть проведен анализ:

- сильных сторон проекта (S - strengths),
- слабых сторон проекта (W - weaknesses),
- возможностей (O - opportunities),
- угроз (T - threats)

Данный процесс называют SWOT-анализом (5). Задача, которая стоит перед специалистами, вовлеченными в процесс оценки целесообразности проекта, заключается в том, чтобы гарантировать, что финансовые средства, инвестированные в рассматриваемый проект, будут давать стабильную прибыль в долгосрочной перспективе. В рамках оценки целесообразности проекта также должно изучаться расположение будущего сооружения, сильные и слабые стороны любых предлагаемых решений, а также потенциал развития направления силовой и кондиционной подготовки с учетом соответствующих требований к площадям и оборудованию. Кроме того, необходимо принять во внимание потенциальные возможности и угрозы со стороны конкурентов. В рамках подобной работы проводится оценка емкости данного рыночного сегмента, что позволяет понять, каким образом организация сможет представлять услуги в сфере силового и кондиционного тренинга максимальному количеству клиентов наиболее эффективным образом, а также осуществляется анализ круга потенциальных клиентов организации-конкурента и возможностей его дальнейшего развития. Цель данной фазы этапа оценки целесообразности проекта заключается в том, чтобы определить, имеет ли новый проект будущее в связи с существованием и деятельностью конкурентов.

Этап разработки эскизного проекта		Этап разработки проектно-конструкторской документации	Этап строительных работ		Этап ввода в эксплуатацию	
Анализ потребностей	Оценка целесообразности проекта	Сбор команды из специалистов по направлениям	Работы в рамках генерального плана	Размещение оборудования	Наём персонала	Разработка графика уборки помещений
Генеральный план	Наём архитектора	Разработка детального чертежа проекта	Контроль за ходом строительных работ		Распределение обязанностей	Планирование финансово-хозяйственной деятельности организации

Рисунок 23.1 Этапы строительства нового сооружения и задачи, стоящие на каждом из этапов

Генеральный план представляет собой общую схему с последовательностью всех этапов строительства нового здания. В структуру генерального плана должны входить: план проектно-конструкторских и строительных работ, планировка объекта, сведения об источниках финансирования, а также план ведения финансово-хозяйственной деятельности после того, как сооружение будет введено в эксплуатацию (5). План финансово-хозяйственной деятельности должен включать в себя как краткосрочные, так и долгосрочные задачи, решение которых позволит повысить эффективность работы организации как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. План финансово-хозяйственной деятельности организации также должен предполагать переподготовку и повышение квалификации персонала, а также наличие соответствующего периода набора персонала на этапе ввода нового здания в эксплуатацию.

Последним шагом на этапе разработки эскизного проекта является наём архитектора. Выбор архитектора является важнейшим аспектом с точки зрения выполнения требований управляющих органов и задач, стоящих перед тренерским штабом. Крайне важно, чтобы архитектор выбирался из списка, в котором будут только специалисты с хорошей репутацией, заслуженной в рамках проектов, которые были реализованы ранее. Если такое возможно, к работам по проекту следует привлечь архитектора, которые ранее уже занимался проектированием здания, предназначенного для силового и кондиционного тренинга. По всей вероятности, архитектора следует нанимать, пользуясь тендерными процедурами, т.е. в качестве архитектора, скорее всего, будет нанят специалист, предложивший наименьшую цену за свои услуги. Процесс торгов требует эффективного использования финансовых ресурсов, поскольку инвестированные средства должны быть потрачены только на те направления, которые будут наиболее полезными для клиентов организации.

Этап разработки проектно-конструкторской документации

В процессе строительства нового сооружения, этап разработки проектно-конструкторской документации является вторым по порядку. В ходе данного этапа, все соображения специалистов по соответствующим направлениям собираются в состав единого понимания облика всего здания в целом и отдельных его элементов в частности. При проведении работ на данном этапе, крайне важно заложить в соответствующую документацию все технологические процессы, а также действия клиентов, при этом, не нарушая соответствующие нормативные акты и прочие нормы государственных органов. С точки зрения отдельных аспектов проектирования, более специфичными могут быть местные регламентирующие документы. Информацию в части подобных актов можно получить в департаменте строительства города.

Первым шагом этапа разработки проектно-конструкторской документации является сбор команды специалистов по соответствующим направлениям. Автор хотел бы напомнить читателю, что в состав этой команды должен входить один или несколько специалистов по силовому и кондиционному тренингу, которые уже принимали участие в процессе проектирования и строительства спортивных сооружений. Кроме того, на этом этапе проектировщики должны наладить тесную работу с архитектором для того, чтобы в итоге был разработан детальный чертеж всего сооружения.

Проектно-конструкторская документация и детальный чертеж сооружения должны учитывать технические характеристики и условия эксплуатации оборудования. Это поможет понять каким образом следует прокладывать маршруты движения клиентов, а также как наиболее эффективным образом клиенты организации смогут перемещаться от одной зоны тренинга к другой после ввода сооружения в эксплуатацию. Пути движения

клиентов являются одним из наиболее важных аспектов с точки зрения процесса разработки проектно-конструкторской документации. Простота перемещений и свободный доступ к соответствующим помещениям и оборудованию являются важнейшими условиями эффективности работы организации и безопасности клиентов в условиях, когда в зале одновременно тренируется несколько команд атлетов или групп клиентов. Закладываемые на этапе разработки проектно-конструкторской документации пути перемещения клиентов должны учитывать аспект необходимости осуществления полноценного надзора за действиями клиентов со стороны дежурных тренеров или иных лиц, выполняющих данную функцию. В целях упрощения визуального надзора, а также создания хорошо просматриваемой области в центре зала, в проектно-конструкторскую документацию должен быть заложен принцип, в соответствии с которым в указанной области (центр зала) следует располагать тренажеры с незначительным габаритом высоты и гантельные ряды.

Этап строительных работ

Этап строительных работ – это период, который ограничен временными рамками начала и конца процесса возведения здания. Из всех этапов возведения нового здания (см. Рисунок 23), этап строительных работ, как правило, имеет самую значительную временную протяженность. Во время строительных работ команда специалистов по соответствующим направлениям должна регулярно проверять соответствие между ходом фактических работ, связанных с возведением здания, и тем, что было закреплено в генеральном плане для того, чтобы ход реализации проекта полностью соответствовал графику работ и учитывал поставленные задачи и требования к конструкции здания. В рамках данного периода, приоритетом должно являться выполнение всех работ в плановые сроки. Если сроки строительных работ сорваны, а заказчик несет убытки, связанные с потерей потенциальной прибыли от эксплуатации возведенного сооружения, то затраты, связанные со сверхплановым увеличением длительности строительных работ, должен нести либо подрядчик, либо архитектор. Подобная ситуация зачастую перерастает в судебные процессы, который позволяет заказчикам вернуть инвестированные деньги или получить возмещение издержек путем снижения контрактной стоимости работ по договору (с подрядчиком или архитектором).

Этап ввода объекта в эксплуатацию

Ввод объекта в эксплуатацию – это заключительные работы, которые проводятся на объекте перед его открытием. К подобным работам относят: внутреннюю отделку интерьера (следует обратить внимание читателя на то, что аспект эстетического восприятия может в значительной степени влиять на степень удовлетворенности клиентов организации) и наём квалифицированного персонала. Персонал

должен обладать как минимум теми личными качествами, образованием и аттестатами (и иными квалификационными документами), которые были указаны в объявлении о наличии вакансии. На текущий момент, Национальная Ассоциация Студенческого Спорта (NCAA) занимается продвижением законодательного акта, в соответствии с которым профессионалы в области силовой и кондиционной подготовки должны быть специалистами, прошедшими процесс аттестации. Возможность привлечь в штат трудолюбивых, верных и заслуживающих доверия работников является залогом эффективности тренинга в рамках соответствующих программ силовой и кондиционной подготовки. Также следует отметить, что на этапе ввода объекта в эксплуатацию в план работ должен быть заложен процесс переподготовки и повышения квалификации персонала. Данную задачу можно решать различными способами, начиная от посещения специализированных семинаров с частотой раз в полгода, и, заканчивая еженедельными собраниями трудового коллектива.

Крайне важным аспектом, связанным с этапом ввода объекта в эксплуатацию, является разработка плана, который бы упростил процесс открытия организации. Говоря иными словами, среди персонала следует определить ответственных за такие обязанности, как, например, уборка помещений и техническое обслуживание оборудования. Подобную задачу будет проще решить при наличии разработанных графиков проведения уборочных работ и технического обслуживания оборудования уже на этапе ввода объекта в эксплуатацию, что дает возможность после открытия объекта проводить соответствующие работы в обозначенные сроки.

Кроме того, в ходе этапа ввода объекта в эксплуатацию следует разработать план ведения административных работ и делопроизводства в целях организации деятельности, связанной с такими аспектами, как страхование ответственности, нормирование работ и планирование расходов. До открытия объекта, следует проработать такие вопросы, как выбор программного обеспечения, предназначенного для планирования работ, и делегирование полномочий, связанных с делопроизводством.

Модернизация существующего объекта силового и кондиционного тренинга

Процесс модернизации существующего или действующего объекта обладает рядом сходств со строительством нового сооружения за тем исключением, что в состав такого процесса не входят сами строительные работы. В некоторых случаях, модернизация действующего объекта занимает достаточно много времени. В рамках подобных работ, также может быть собрана команда специалистов по соответствующим направлениям, однако, в ряде ситуаций привлекать подрядчика или архитектора не требуется. Кроме того, при проведении модернизации действующего объекта

Первый этап	Сбор команды из специалистов по направлениям	Оценка целесообразности проекта	Анализ потребностей
Второй этап	Разработка плана финансово-хозяйственной деятельности	Реконструкция или модернизация сооружения	Завершение строительных и отделочных работ
Третий этап	Монтаж оборудования	Определение должностных обязанностей персонала и разработка штатного расписания	Наём/переподготовка персонала

Рисунок 23.2 Этапы модернизации действующего объекта

можно по иному осуществлять процесс найма персонала. В некоторых случаях, профессионалы по силовой и кондиционной подготовке могут продолжить работать в той же организации несмотря на смену собственника или команды менеджеров. Следует отметить, что вне зависимости от конкретного собственника или уровня менеджмента, основными приоритетами в деятельности организации должны быть соответствие отраслевым стандартам, стремление к развитию, профессионализм, а также повышение квалификации персонала. На Рисунке 23.2 представлены основные этапы модернизации действующего объекта.

Профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен оценивать существующее оборудование, исходя из потребностей любых клиентов, атлетов и спортивных команд, занимающихся тренингом на площадях организации.

Оценка потребностей, связанных с тренировочным процессом

Одним из наиболее важных аспектов, связанных со строительством сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга, являются нужды и потребности, связанные с проведением тренировочного процесса и спортивной подготовкой атлетов. На конструктивные характеристики сооружения могут оказывать влияние количество одновременно тренирующихся атлетов, методология и концептуальный подход тренеров, возраст и тренировочный стаж атлетов, а также номенклатура требуемого оборудования (б). Когда наступает время оценки подобных требований, специалисты, отвечающие за проведение проектно-конструкторских работ должны иметь ответы на следующие вопросы:

- *Какое количество атлетов будет одновременно тренироваться в здании?* Ответ на этот вопрос важен, поскольку от количества одновременно тренирующихся атлетов может в значительной степени зависеть размер самого

здания, а также его суммарная пропускная способность за день, неделю, и спортивный сезон. Количество атлетов также влияет на график работы организации, и необходимость в планировании потоков клиентов в том случае, если согласно плану в здании будет тренироваться несколько групп атлетов одновременно. В зависимости от содержания регламентирующих актов в сфере пожарной охраны, здоровья и безопасности клиентов, соответствующий департамент, входящий в состав администрации города, должен выдать рекомендации в части допустимого количества атлетов, которые могут тренироваться в здании одновременно.

- *Каковы задачи в части обеспечения тренировочного процесса, которые стоят перед атлетами, тренерами и администрацией организации?* Тренировочные задачи, стоящие перед тренерами или атлетами, могут оказывать влияние на выбор оборудования, которое будет использоваться в ходе тренинга, проводимого на площадях организации. К примеру, если тренер хочет, чтобы атлеты уделяли основное внимание плиометрическому тренингу и развитию подвижности, в состав сооружений следует включить зону (участок искусственного газона или поле) предназначенную для подобной тренировочной деятельности. Кроме того, следует отметить, что на выбор закупаемого оборудования также должна влиять методология профессионалов по силовой и кондиционной подготовке. Если предполагается, что в основе программ подготовки атлетов будет лежать тренинг с отягощениями, то закупка силовых рам и тяжелоатлетических помостов будет рассматриваться в качестве более эффективного варианта использования имеющихся площадей в сравнении со скамьями для горизонтального или наклонного жима, которые могут использоваться только в указанных целях.

- *Каковы демографические данные тренирующихся атлетов?* Еще одним важным аспектом, который способствует точному определению потребностей, связанных с обеспечением тренировочного процесса является получение статистических данных в части демографических особенностей всей совокупности атлетов. К какой социальной группе можно отнести преобладающую часть тренирующихся атлетов? Будут ли это пожилые или молодые люди, мужчины,

женщины, школьники, студенты ВУЗов или профессионалы? Зал, основным направлением работ которого является организация тренинга для пожилых людей, может не тратить значительный объем средств на закупку оборудования для тренинга со свободными отягощениями, и должен отдавать предпочтение закупке различных тренажеров. В условиях университетского или командного тренинга, будет более эффективно формирование функциональных групп спортивного оборудования и инвентаря для того, чтобы одновременно могли тренироваться несколько групп атлетов, при этом, не мешая друг другу.

• *Каков будет уровень подготовки тренирующихся атлетов?* Ответ на данный вопрос поможет профессионалу по силовому и кондиционному тренингу разработать разумные программы тренировок, которые, в свою очередь, будут определять перечень используемого оборудования. Характер тренировочного процесса будет варьироваться в зависимости от опыта атлета. Атлетам, которые не занимались работой с отягощениями, как правило, предлагают программы с акцентом на упражнения с отягощением в виде веса собственного тела, в то время как продвинутые атлеты могут уделять больше времени тренингу тяжелоатлетической направленности. Также важно понимать, будут ли меняться требования к используемому оборудованию во временной перспективе или в привязке к этапам соревновательного сезона. К примеру, следует учитывать, что в условиях школ или университетов в начале каждого учебного года в зал будут приходить молодые люди, имеющие только минимальный опыт работы с отягощениями.

• *Каким будет график тренинга атлетов?* Составление общего графика тренировок отдельных спортсменов или групп атлетов может быть одной из самых сложно реализуемых задач с точки зрения работы спортивных сооружений. График тренировок атлетов может определять количество персонала, задействованного в рамках тренировочного процесса, схему объекта, а также прочие конструктивные особенности спортивного сооружения. Если известно, что в здании будут одновременно тренироваться несколько групп атлетов, то было бы целесообразно провести зонирование помещений, т.е. разделить пространство на участки с различным целевым назначением, что позволит свести к минимуму возможность пересечения атлетов из разных групп. График тренинга атлетов следует составлять таким образом, чтобы рабочее время организации использовалось максимально эффективно, а атлеты не приходили тренироваться в одно и то же время. Выполнение поставленного выше условия позволит сохранять требуемое соотношение по числу тренерского персонала и атлетов, находящихся в зале, а также гарантировать что требуемое оборудование не будет занято. (См. Главу 24 для получения дополнительной информации по данному вопросу).

• *Какое оборудование нуждается в ремонте или модернизации?* Ни один спортивный снаряд или тренажер, используемый на территории сооружения, не должен характеризоваться наличием отверстий или зарубок, а также отсутствием каких-либо конструктивных элементов. Если кабель на тренажере, предназначенном для выполнения тяги вертикального блока, изношен или поврежден, то таким тренажером запрещено пользоваться до тех пор, пока кабель не будет заменен. В случае поломки, любое оборудование должно быть заменено или отремонтировано. Действующее оборудование необходимо регулярно чистить и ремонтировать, кроме того, можно рассмотреть вариант продажи части оборудования в целях получения средств на покупку нового. В некоторых случаях, оборудование может быть в хорошем состоянии, однако ему будет необходима закупка дополнительного приспособления в целях модернизации. К примеру, для того, чтобы тренажер, предназначенный для выполнения тяги вертикального блока, приобрел максимальную функциональность, может потребоваться приобретение рабочих рукоятей различных типов.

После того, как будут получены ответы на представленные выше вопросы, процесс определения конструктивного облика здания станет гораздо проще. В идеальной ситуации, специалисты в области проектно-конструкторских работ должны иметь возможность решить любую проблему еще на стадии проектирования; это позволит сделать тренировочный процесс максимально комфортным и эффективным. В реальных условиях, реализации подобных предпосылок мешают бюджет строительства и ограничения по площади сооружения. Крайне важно отталкиваться от основных требований и проводить проектно-конструкторские работы, опираясь именно на такие данные. К примеру, недостаток площадей будет оказывать более выраженное влияние на качество тренировочного процесса и график тренировок клиентов в сравнении с недостатком специализированного оборудования. Рекомендации предполагают, что на одного атлета должна отводиться минимальная тренировочная площадь, равная 100 кв. футам (9.3 кв. метра).

Конструктивный облик сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга

Перед транспортировкой и расстановкой оборудования следует принять во внимание конструктивное оформление сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга, вне зависимости от того, возводится ли оно с нуля или проводится модернизация существующего здания. Профессионал по силовой и кондиционной подготовке должен уделять особое внимание таким аспектам, как расположение и

подъездные пути к зданию, конструктивным особенностям и функциональному назначению сооружения, факторам внешней среды, а также вопросам безопасности клиентов и осуществления надзора за ними.

Расположение организации

В идеальном случае, организация, предоставляющая услуги в области силового и кондиционного тренинга, должна располагаться на первом этаже здания, на достаточном удалении от офисных помещений и учебных аудиторий. Это позволит предотвратить возникновение ситуаций, связанных с конфликтами, вызванными падением тренировочных снарядов, громкой музыкой или прочими шумами, присущими процессу силового и кондиционного тренинга. Если организация располагается на втором этаже или выше, то межэтажные перекрытия должны быть достаточно прочными, а также выдерживать вибрации и ударные воздействия, вызванные работой тяжелого оборудования или падением тренировочных снарядов. Несущая способность межэтажных перекрытий должна равняться как минимум 100 фунтам на квадратный фут (488 кг/кв. метр).

Расположение кабинета руководства

Кабинет (или место работы) руководителя должен располагаться в центральной части помещения, которое, в свою очередь, должно быть оборудовано необходимым количеством зеркал, что позволяет держать всех спортсменов либо в прямой видимости, либо видеть их в отражениях зеркал и контролировать все, что происходит в зале. Еще один вариант расположения кабинета директора заключается в том, чтобы место его работы находилось на возвышении или на этаж выше зала для работы с отягощениями, что также дает возможность более качественного наблюдения за происходящим.

Доступность

Здание должно быть оборудовано средствами, которые позволяют попасть в него людям с ограниченными возможностями, т.е. на входе должен быть смонтирован специализированный пандус или лифт для инвалидных колясок при условии, что перепад высоты между мостовой и входом в здание превышает 0.5 дюйма (13 мм). На каждый дюйм перепада высоты должна быть смонтирована секция пандуса длиной не менее 12 дюймов (пролет длиной 30.5 см на каждые 2.5 см перепада), при этом, верхняя поверхность ступеней должна быть покрыта полосами из нескользящего материала. Еще одним вариантом, который позволяет упростить доступ в здание для людей с ограниченными возможностями, является монтаж эскалатора или механического подъемника. Кроме того, следует отметить, что двери в зал для тренировок с отягощениями должны быть двойными, поскольку это позволяет занести или

вынести из зала крупногабаритное оборудование и тренажеры. Однако, если коридор или проход внутри здания слишком узок, то размеры дверного проема не будут играть никакого значения (8), и при перемещении оборудования вам придется разбирать наружную стену или открывать гаражные ворота.

Высота потолков

Высота потолков должна быть такой, чтобы занятия любой деятельностью прыжкового/взрывного характера были полностью безопасными. Это значит, что высота потолка должна учитывать рост атлетов и высоту бокса на который выполняются нашагивания или прыжки, высоту вертикальных прыжков или прыжковых упражнений, используемых в тяжелой атлетике. Рекомендованная высота потолка равняется 12 - 14 футам (3.66 м - 4.27 м), что позволяет атлетам не испытывать опасений при занятиях указанной выше деятельностью (8).

Покрытие пола

В зале для силового и кондиционного тренинга допускается использование нескольких типов покрытия пола. Наиболее часто используемым вариантом является комбинация из материалов на основе резины и противогрибковых ковриков. Другим вариантом покрытия является искусственный газон, который можно использовать в рамках программ силового и кондиционного тренинга при выполнении плиометрических и кондиционных упражнений, а также движений направленных на развитие подвижности. Искусственный газон также отлично подходит для упражнений с собственным весом типа отжиманий и скручиваний на пресс, а также буксировки нагруженных саней. Несмотря на то, что покрытие пола из материалов на основе резины стоит дороже, в сравнении с искусственным газоном его гораздо проще чистить. Как правило, покрытие пола из материалов на основе резины продается в виде рулонов, плиток или крошки.

В идеальном случае, тяжелоатлетические помосты должны иметь следующее конструктивное исполнение: средняя часть должна быть изготовлена из дерева, а поверхности по бокам из прорезиненного материала. Дерево не дает подошвам спортивной обуви скользить или прилипать к опорной поверхности, в результате чего использование деревянного элемента в центральной части помоста позволяет сделать выполнение тяжелоатлетических движений более безопасным.

Факторы окружающей среды

Для освещения здания следует использовать как искусственное освещение, так и дневной (естественный) свет. Величина светового потока, создаваемого приборами искусственного освещения, должна составлять от 50 до 100 люменов, в зависимости от высоты потолков и мощности естественного света. Под дневным светом понимают

создаваемый солнцем световой поток, который проходит через окна в здании. При наличии окон, зал выглядит более открытым и современным, а зеркала позволяют осветить те места зала, куда дневной свет не может попасть естественным путем (2).

В зале для силового и кондиционного тренинга должна поддерживаться комфортная температура. В идеальном случае, система, предназначенная для отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (система ОВКВ), должна позволять осуществлять индивидуальный обогрев или охлаждение отдельных помещений сооружения. В преобладающем числе научных источников указывается, что рекомендуемым является диапазон температур от 68 °F до 78 °F (20-25 °C), при этом, многие считают оптимальной температурную зону 72 °F - 78 °F (22-25 °C) (2, 4). Если в помещении слишком жарко или слишком холодно, то атлеты могут испытывать дискомфорт, в результате чего может снизиться эффективность тренинга.

Также следует отметить, что в помещении для силового и кондиционного тренинга необходимо отслеживать уровень относительной влажности воздуха. В любой точке зала, где осуществляется физическая деятельность, относительная влажность воздуха не должна превышать 60%. Это позволяет предотвратить рост бактерий и микроорганизмов, что, тем самым, блокирует распространение инфекций и заболеваний (2).

Кроме того, первостепенное значение должно иметь качество движения воздушных потоков, которое обусловлено конструктивными особенностями самого сооружения и характером работы системы ОВКВ. Требуемое качество движения воздушных потоков может быть достигнуто путем использования системы ОВКВ, системы приточной вентиляции и потолочных или напольных корпусных вентиляторов. Для устранения неприятных запахов, появляющихся по причине образования зон застойного воздуха, проветривание должно осуществляться примерно 8 - 12 раз в час (4). В случае использования вентиляторов, в качестве общей рекомендации предлагается установка от 2 до 4 вентиляторов на каждые 1,200 кв. футов (111.5 кв. метров) площади помещения. Вентиляторы также помогают предотвратить образование застойных областей и не дают воздуху стать спертым и удушливым, что, в свою очередь, делает среду, в которой тренируются атлеты, более комфортной.

Во многих залах используются музыкальные системы для того, чтобы тренировочная среда была более продуктивной и способствовала тренингу со значительными отягощениями. Несмотря на то, что наличие музыкального сопровождения не является обязательным условием, музыка способствует росту мотивации атлетов, а также задает рабочий ритм. В части деталей, связанных с установкой звуковой системы и уровнем громкости музыки, можно озвучить две рекомендации. Громкость звука не должна превышать 90 децибел для того, чтобы

атлеты могли слышать указания и подсказки тренера (2). Колонки должны быть подвешены достаточно высоко и располагаться в углу зала для того, чтобы звуковое оборудование не было повреждено, а сам звуковой поток был направлен в центр помещения и распространялся по нему более равномерно.

Еще двумя параметрами, которые также следует принимать во внимание, являются уровень шумового фона и уровень избыточного внешнего шума. Подобные звуки могут возникать в результате работы системы ОВКВ или действий людей в соседнем здании. На полу и стенах помещений для занятий йогой или танцевальными направлениями деятельности должны применяться звукопоглощающие материалы для того, чтобы избыточный шум не мешал остальным людям, находящимся в том же здании. В помещениях, в которых допускается падение на пол тренировочных снарядов или проводится беговая и прыжковая подготовка, в качестве покрытия пола предлагается использовать звукопоглощающие прорезиненные материалы (4).

Электроснабжение

Как правило, в зале для силового и кондиционного тренинга должно быть больше розеток, чем в помещениях иного назначения. Часть розеток должна быть предназначена для тока высокого напряжения для того, чтобы в них можно было подключить оборудование типа степперов, эллиптических тренажеров и беговых дорожек. Электросеть здания должна иметь качественное заземление в целях защиты от ударов молнии или скачков напряжения. Кроме того, необходимо смонтировать систему замыкания на землю для того, чтобы обеспечить безопасность атлетов в случае короткого замыкания (1).

Зеркала

В помещениях для силового и кондиционного тренинга зеркала могут использоваться для множества целей. Если силовые рамы и тяжелоатлетические помосты расположены в правильном месте, то зеркало становится мощным инструментом тренера, позволяющим атлету получать обратную связь путем наблюдения за самим собой непосредственно во время выполнения соответствующих упражнений (8). Зеркала также можно использовать в соответствии с принципами эстетики, опираясь на то, что правильное расположение зеркал визуально увеличивает объем помещения за счет отражения света, идущего от искусственного освещения или попадающего в помещение через окна.

Минимальное расстояние между зеркалом и любым оборудованием должно составлять 6 дюймов (15 см) и 20 дюймов (51 см) от зеркала до пола. Причина, по которой зеркала следует вешать на определенной высоте от уровня пола, заключается в том, что некоторые снаряды могут кататься, отскакивать или скользить по поверхности пола, а отсутствие контроля над снарядом может привести к

тому, что зеркало будет разбито. Диаметр стандартного диска составляет 18 дюймов (46 см), а наличие минимального расстояния в 51 см между поверхностью пола и нижней гранью зеркала создает зазор безопасности в 2 дюйма (5 см) на случай, если атлет уронит или облокотит диск на стену рядом с зеркалом (8).

Прочие вопросы

Фонтанчики с питьевой водой являются положительным дополнением к интерьеру зала силовой и кондиционной подготовки. Фонтанчики должны находиться на удалении от зон непосредственного тренинга, кроме того, они не должны являться препятствием на пути движения клиентов. Фонтанчики с питьевой водой, как правило, устанавливаются рядом со входом в здание или в близости от душевых и шкафчиков для вещей.

Наличие раздевалок со шкафчиками следует рассматривать в качестве положительного момента. Кроме того, наличие в здании душевой позволяет атлетам чувствовать себя комфортно после тренировок. Соблюдение норм гигиены важно с точки зрения предотвращения распространения заболеваний и инфекций. Несмотря на то, что шкафчиками и душевыми будут пользоваться далеко не все атлеты, возможность сходить в душ способствует тому, что активные атлеты будут тренироваться более интенсивно.

В здании должен быть как минимум один телефонный аппарат, с которого могут позвонить люди, вынужденные передвигаться с помощью инвалидной коляски. Данное требование согласуется с областью применения Закона о защите прав граждан США с ограниченными возможностями (Americans with Disabilities Act - ADA); это также позволяет обеспечить безопасность в случае возникновения чрезвычайной ситуации, когда единственным человеком, который может оказать помощь, вынужден пользоваться инвалидным креслом. В идеальном случае, телефон должен располагаться на входе в здание внутри или снаружи кабинета руководителя, что позволяет направить звонок в службы спасения в кратчайшие сроки после возникновения ЧС (2).

Рядом с местами, требующими дополнительной защиты (зеркала или стены из гипсокартона) полезно монтировать предохранительные ограждения, перила или мягкие настенные панели. Предохранительные перила позволяют предотвратить падение клиентов или каких-либо объектов на подобные поверхности. Также перила и балетные станки рекомендуется устанавливать в помещениях, предназначенных для йоги или танцевальных направлений. При необходимости, клиенты должны иметь возможность облокотиться на такие перила для того, чтобы сохранять равновесие.

В здании, предназначенном для силового и кондиционного тренинга, должно быть предусмотрено помещение для хранения дополнительных видов оборудования, мощных средств и расходных материалов для уборки,

приспособлений или сломанных снарядов. Здание большой площади требует увеличения площади помещения для хранения. Наибольшая доля площади в помещении для хранения, скорее всего, будет занята неиспользуемым оборудованием.

Расположение оборудования в зале

При расстановке оборудования на имеющихся площадях важно принимать в расчет соответствующие требования. поэтажный план здания поможет определиться с тем, как должно быть расставлено оборудование, в особенности с учетом того, что каждый тип оборудования и режим тренинга имеет свои требования в части обеспечения эффективности и безопасности работы.

Размещение оборудования

Оборудование следует группировать, исходя из его функционального назначения, т.е. в зале рекомендуется выделить специальные зоны для проведения растяжки и разминки; плиометрического тренинга и тренировок на развитие подвижности; работы со свободными отягощениями; аэробных тренировок, и работы на грузоблочных тренажерах. В идеальном случае, силовые рамы стойки и для хранения дисков должны располагаться рядом со стенами, кроме того, между зоной для тренинга со свободными отягощениями и тренажерами должен иметься проход (1). Подобная компоновка увеличивает среднюю скорость движения клиентов по залу, предотвращает скопление клиентов в одной зоне и способствует максимально эффективному использованию имеющегося пространства.

Тренажеры можно выстроить на одной линии в центре зала для того, чтобы с каждой из сторон к ним имелись подходные пути. Грамотное планирование и размещение оборудования таким образом, чтобы на тренажерах можно было проводить круговую тренировку, также способствует повышению пропускной способности зала и росту эффективности путей движения клиентов. Тренажеры со значительным габаритом высоты следует закрепить к поверхности пола или колоннам или стенам с помощью болтового соединения, что не позволит им опрокинуться в ходе эксплуатации.

Тренажеры для кардио тренинга должны располагаться в отдельной зоне, они также должны быть выстроены в одну линию и организованы таким образом, чтобы однотипные беговые дорожки, эллиптические тренажеры, степперы и велотренажеры были объединены в группы. Не следует забывать, что большинство тренажеров, работающих от электричества, следует располагать в близости от стен за исключением тех случаев, когда розетки смонтированы на полу или колоннах. Оборудование также должно располагаться на определенном расстоянии от проходов для того, чтобы клиенты не запинались за провода.

Минимальное расстояние между гантелями или концевыми втулками соседних штанг, находящихся в силовых рамах или жимовых

стойках, должно составлять 36 дюймов (91 см) для того, чтобы клиенты зала могли беспрепятственно перемещаться между рамами или стойками, не подвергая риску работающего атлета или страхующих. Если атлет предполагает, что для выполнения подхода ему потребуется страхующий (несмотря на наличие силовой рамы), то для безопасной работы необходимо выделить больше места, чем указано выше, чтобы рядом с рамой могли разместиться сразу несколько страхующих. Стойки для хранения дисков следует располагать в непосредственной близости от оборудования, при этом расстояние между оборудованием и стойками должно составлять 36 дюймов (91 см).

Силовые рамы лучше ставить в ряд по стене, однако, если одного ряда рам недостаточно, то их можно поставить в два ряда тыльными сторонами друг к другу. Как бы то ни было, рамы должны стоять так, чтобы их можно было обойти с любой стороны и свободное расстояние от любой рамы в любую сторону по-прежнему должно составлять как минимум 36 дюймов (91 см).

В качестве ориентира используйте визуальную доступность. Говоря другими словами, низкое оборудование следует ставить в центральную часть помещения для того, чтобы тренеры и инструкторы могли с легкостью наблюдать за клиентами на другом конце помещения. Оборудование со значительным габаритом высоты следует закрепить к стенам, при этом, будет предпочтительно, чтобы на стене, к которой крепится оборудование, не было зеркал или окон.

Пути движения клиентов

На направление и характер потоков клиентов в зале прежде всего играет схема расположения оборудования. Большинство клубов представляют собой одно большое помещение, в котором проходы образованы рядами оборудования. Как говорилось выше по тексту, наиболее удачным вариантом расположения оборудования типа силовых рам и тренажеров является выстраивание их в линию, параллельную стенам, образующим длинной размер помещения. Использование подобного подхода позволяет создать два или три основных прохода, ширина которых также должна составлять не менее 36 дюймов (91 см).

Основными аспектами, которые следует принимать во внимание при принятии решений в части размещения оборудования являются безопасность людей и функциональное назначение оборудования.

Зона для разминки и растяжки

Зона для проведения разминки и растяжки должна быть открытой, она должна быть оборудована мягким покрытием или матами. Эта зона также должна быть оснащена массажными валиками; резиновыми петлями; трубами из ПВХ; мячами для тенниса, гольфа и софтбола; и, вероятно, даже скакалками. При наличии такой возможности, в зоне для разминки/растяжки должно быть, как минимум, 49 кв. футов (4.6 кв. метра) открытого пространства для того, чтобы атлеты могли проводить динамическую разминку (7), а также достаточно места для того, чтобы несколько человек могли одновременно заниматься целевой деятельностью в соответствии с назначением данной зоны. Можно использовать маты, чтобы атлетам не приходилось лежать на жестком полу, однако, данное предложение не является обязательным к выполнению.

Зона кругового тренинга

Зона кругового тренинга, как правило, представляет собой место, где несколько тренажеров выстроены в одну линию или образуют группу, что позволяет ускорить и упростить переход клиентов от одного тренажера к другому. Существует несколько принципов, на основании которых следует собирать тренажеры в соответствующие группы. Предлагается собирать тренажеры в группы по следующим принципам: проработка верхней и нижней частей тела, толчковые и тяговые движения, проработка отдельных частей тела. Во многих клубах, травмированные атлеты используют круговой тренинг для тренировки тех частей тела, которые не были затронуты травмой. При размещении тренажеров следует ориентироваться прежде всего на простоту и удобство перехода от одного тренажера к другому, чтобы травмированные атлеты не испытывали каких-либо затруднений при движении.

При использовании методологии и тренажеров в целях проведения кругового тренинга, минимальное расстояние между отдельными тренажерами должно равняться 24 дюймам (61 см) – при этом, рекомендуемое расстояние также равняется 36 дюймам (91 см) – что позволяет свободно перемещаться между тренажерами и дает дополнительное пространство, которое называют **резервом безопасности**. Ширина любого прохода, предназначенного для движения клиентов и находящегося в зоне кругового тренинга, должна составлять от 4 до 7 футов (1.2 - 2.1 м), что дает требуемую свободу передвижения (7).

Зона тренинга со свободными отягощениями

В состав оборудования и снарядов, предназначенных для работы со свободными отягощениями, входят гантели, штанги, скамьи, гири, снаряды для прогулки фермера, шестигранные грифы типа “Trap bar”, силовые рамы и любое другое оборудование,

необходимое для занятий целевым типом деятельности. Как уже говорилось ранее, силовые рамы и гантельные ряды следует размещать вдоль стен, при этом расстояние между стенами и указанным оборудованием должно быть таким, чтобы клиент мог пройти между стеной и снарядами, не испытывая каких-либо затруднений, при этом, расстояние между концевыми частями соседних грифов, лежащих на рамах или стойках, должно составлять не менее 36 дюймов (91 см). Подобное размещение оборудования не только упрощает процесс чистки и уборки, но также защищает стены и зеркала от падающих снарядов или дисков. Гири также можно расставлять в линию непосредственно под гантельными рядами или в отдельной зоне гиревого тренинга. Принимая во внимание то, что основная часть движений с гирями выполняется в динамическом стиле и требует значительного свободного пространства, зона для гиревого тренинга должна быть достаточно большой.

Зона тяжелоатлетического тренинга

В зоне тяжелоатлетического тренинга, как правило, используются силовые рамы, стойки и помосты, либо только помосты. Зона тяжелоатлетического тренинга также может представлять собой открытое пространство, где соответствующие движения выполняются без использования стоек. В таком случае, тренинг проводится на бетонном полу, на который кладется прорезиненное покрытие. В целях сохранения порядка, неиспользуемые грифы и диски следует хранить в специализированных стойках, стеллажах и подставках.

Между силовыми рамами и помостами должно быть достаточно места для того, чтобы в случае падения атлета, тренирующегося со штангой, это не привело к травмам у окружающих. Расстояние между силовой рамой и помостом должно составлять 3 - 4 фута (0.9 - 1.2 м).

Тяжелоатлетические стойки и рамы необходимо закрепить к полу с помощью болтового соединения для того, чтобы они оставались неподвижными в процессе тренинга. Если рама или стойка является переносной, то в периоды, когда она не используется, она должна храниться в специальном помещении.

Зона аэробного тренинга

Зона аэробного тренинга – это место, в котором собраны оборудование для кардиореспираторного тренинга. В состав подобного оборудования входят велотренажеры, степперы, эллиптические тренажеры, беговые дорожки, гребные тренажеры и пр. Требования в части свободного места, а также расстояния между тренажерами изложены в Таблице 23.1 (7). В этой таблице указана площадь, которая должна отводиться под один тренажер соответствующего типа для того, чтобы клиенты имели достаточно места для прохода, а также для того, чтобы предотвратить происшествя, вызванные падением клиентов на оборудование.

Организация работ в зале всегда должна начинаться с расстановки оборудования в безопасном и предназначенном для такого оборудования месте. Рекомендации, изложенные в тексте данной главы, дают методологию, пользуясь которой, вы сможете расставить оборудование правильно. Полезно будет взять план этажа и нанести на него эскиз всех тренажеров и прочего оборудования. На Рисунках 23.3 и 23.4 в завершающей части главы представлены примеры компоновки оборудования для тренинга с отягощениями в условиях школьного и университетского залов. Обратите внимание на расположение и габаритные размеры проходов, а также на способ организации оборудования в различные группы. Также обратите внимание на то, где расположен кабинет руководителя и куда направлены окна в этом кабинете. В Таблице 23.2 представлены расчеты, позволяющие определить объем пространства для каждого типа оборудования.

Таблица 23.1 Требования в части минимальной площади, выделяемой на один тренажер соответствующего типа

Тип оборудования	Требуемая площадь
Велотренажер	24 кв. фута (2.2 кв. м)
Степпер	24 кв. фута (2.2 кв. м)
Лыжный тренажер (скиэрг)	6 кв. футов (0.6 кв. м)
Гребной тренажер	40 кв. футов (3.7 кв. м)
Беговая дорожка	45 кв. футов (4.2 кв. м)

Взято, с разрешения, из работы Кролля, 1991 (7)

Техническое обслуживание и чистка поверхностей и оборудования

Все поверхности в помещении, предназначенном для силового и кондиционного тренинга, должны проходить регулярную уборку и чистку для того, чтобы оборудование сохраняло свою функциональность, а его использование было максимально безопасным. В долгосрочной перспективе тщательное техническое обслуживание позволяет сэкономить деньги, поскольку расходы на моющие средства и ветошь (а также прочие материалы для уборки) гораздо ниже расходов на замену покрытия пола, стен и т.д. Если поверхности не протирать бактерицидными (обеззараживающими) средствами, то на них начнут распространяться микроорганизмы. Наиболее часто используемое оборудование подвержено более значительному риску роста бактерий, вследствие чего такое оборудование необходимо чистить и протирать ежедневно или раз в два дня. Важно, чтобы любое чистящее средство, используемое в зале силового и кондиционного тренинга, было предназначено для уничтожения вирусов гепатита и ВИЧ. Невпитывающие поверхности следует регулярно полировать в целях удаления скоплений

Таблица 23.2 Расчет площади, необходимой для выполнения упражнений

Тренировочная зона	Примеры	Формула
Упражнения, выполняемые в положении лежа на груди или спине	Жим лежа	Формула: сумма фактической длины скамьи (6-8 футов [1.8-2.4 м]) + резерв безопасности в 3 фута (0.9 м) <i>умноженная</i> на сумму габарита амплитуды латеральных перемещений снаряда + резерв безопасности в 3 фута (0.9 м) Пример 1: при использовании жимовой скамьи длиной 6 футов, площадь, которую необходимо выделять под жимовую скамью, вычисляется следующим образом: $(6 \text{ футов} + 3 \text{ фута}) \times (7 \text{ футов} + 3 \text{ фута}) = 90 \text{ кв. футов}$
	Разгибание рук со штангой лежа	Пример 2 (расчеты в системе СИ): при использовании жимовой скамьи длиной 2 м, площадь, которую необходимо выделять под жимовую скамью, вычисляется следующим образом: $(2 \text{ м [скамья]} + 1 \text{ м [резерв безопасности]}) \times (2 \text{ метра [габарит амплитуды латеральных перемещений]} + 1 \text{ м [резерв безопасности]}) = 9 \text{ кв. метров}$
Упражнения, выполняемые в положении стоя	Сгибания рук со штангой на бицепс	Формула: сумма фактической длины грифа (4-7 футов [1.2-2.1 м]) + двойной резерв безопасности в 6 футов (1.8 м) <i>умноженная</i> на габарит амплитуды латеральных перемещений снаряда Пример 1: при использовании EZ-грифа для сгибаний рук на бицепс длиной 4 фута, площадь, которую необходимо выделять под выполнение подъема штанги на бицепс, вычисляется следующим образом: $(4 \text{ фута} + 6 \text{ футов}) \times (4 \text{ фута}) = 40 \text{ кв. футов}$
	Тяга вертикального блока	Пример 2 (расчеты в системе СИ): при использовании EZ-грифа длиной 1 м для сгибаний рук на бицепс, площадь, которую необходимо выделять под выполнение подъема штанги на бицепс, вычисляется следующим образом: $(1 \text{ м [EZ-гриф]} + 2 \text{ м [резерв безопасности]}) \times (1 \text{ метр [габарит амплитуды латеральных перемещений]}) = 3 \text{ кв. метра}$
Упражнения, в положении стоя, выполняемые в силовой раме	Присед со штангой на спине	Формула: сумма фактической длины грифа (5-7 футов [1.5-2.1 м]) + двойной резерв безопасности в 6 футов (1.8 м) <i>умноженная</i> на габарит амплитуды латеральных перемещений снаряда (в силовой раме) в 8-10 футов (2.4-3 метра) Пример 1: при выполнении приседа со штангой на спине с использованием Олимпийского грифа, площадь, которую необходимо выделять под данное упражнение в силовой раме, вычисляется следующим образом: $(7 \text{ футов} + 6 \text{ футов}) \times (10 \text{ футов}) = 130 \text{ кв. футов}$
	Жим штанги стоя	Пример 2 (расчеты в системе СИ): при выполнении приседа со штангой на спине с использованием Олимпийского грифа длиной 2 м, площадь, которую необходимо выделять под данное упражнение, вычисляется следующим образом: $(2 \text{ м [Олимпийский гриф]} + 2 \text{ м [резерв безопасности]}) \times (3 \text{ метра [габарит амплитуды латеральных перемещений]}) = 12 \text{ кв. метров}$
Зона тяжелоатлетического тренинга	Силовой подъем штанги на грудь	Формула: сумма фактической длины помоста (как правило, 8 футов [2.4 м]) + резерв безопасности для движения по периметру помоста в 4 фута (1.2 м) <i>умноженная</i> на сумму фактической ширины помоста (как правило, 8 футов [2.4 м]) + резерв безопасности для движения по периметру помоста в 4 фута (1.2 м) Пример 1: при выполнении силового подъема штанги на грудь, площадь, которую необходимо выделять под данное упражнение, вычисляется следующим образом: $(8 \text{ футов} + 4 \text{ фута}) \times (8 \text{ футов} + 4 \text{ фута}) = 144 \text{ кв. фута}$
		Пример 2 (расчеты в системе СИ): при выполнении силового подъема штанги на грудь, площадь, которую необходимо выделять под данное упражнение, вычисляется следующим образом: $(2.5 \text{ м [длина помоста]} + 1 \text{ м [резерв безопасности]}) \times (2.5 \text{ метра [ширина помоста]} + 1 \text{ м [резерв безопасности]}) = 12.25 \text{ кв. метров}$

пыли и грязи. Деревянные элементы помостов следует проверять на наличие сколов и трещин, и чистить с использованием соответствующего средства для того, чтобы у атлетов, тренирующихся на помосте, не скользили ноги. В процессе уборки вокруг силовых рам и прочего оборудования необходимо регулярно проверять уровень затяжки болтов, с помощью которых оборудование крепится к полу. Тренажеры, в конструкции которых используются кабели или ремни, также необходимо регулярно осматривать и проводить ремонт в случае, если соответствующий кабель или ремень ослабнет или на нем появятся следы истирания. Если покрытие пола помещения выполнено из резиновой плитки или рулонов прорезиненного материала, то между отдельными элементами покрытия пола должны быть выполнены зазоры, при этом, из зазоров не должен выступать клей. Ковры следует регулярно чистить с помощью пылесоса и мыть в целях предотвращения накопления грибков, гнили и плесени.

Кроме того, следует проводить регулярную уборку потолков и стен, с частотой не менее раза в неделю или в две недели. Не поверхностях стен и потолков не должна скапливаться пыль, а в углах помещения не должно быть грязи. Как правило, в углах помещения в области потолка может появляться паутина, которую также необходимо удалять в ходе уборки. Если в помещении есть окна или зеркала, то их также следует регулярно проверять на предмет образования трещин и немедленно заменять их в случае обнаружения соответствующих повреждений. Чистые окна и зеркала также способствуют тому, что внешний вид помещений будет привлекать больше клиентов. Используйте специализированные жидкости и ветошь из микрофибры для того, чтобы на поверхности окон и зеркал не было разводов и подтеков. Пыль и грязь могут скапливаться на плоских горизонтальных поверхностях и арматуре, свисающей с потолка. Пыль следует регулярно стирать со всех подоконников, полок или любых предметов, подвешенных к потолку. Если к потолку подвешено тренировочное оборудование, то с требуемой периодичностью необходимо проверять надежность его крепления, а также удостовериться в том, что оно не упадет вниз (3). На Рисунке 23.5, который находится в заключительной части главы, представлен контрольный перечень действий, которые необходимо проделать при разработке графика уборки поверхностей пола, стен и потолка.

Процедура технического обслуживания должна быть направлена не только на очистку поверхностей, но и на контроль состояния оборудования. Оборудование необходимо систематически проверять на наличие сломанных или поврежденных деталей, в особенности, если такие детали влияют на функциональное состояние оборудования. Если оборудование используется достаточно часто и при этом не проходит регулярную чистку, то на нем может скапливаться грязь, что, в свою очередь, может привести к снижению функциональности оборудования или травме клиента. Сломанное или поврежденное оборудование необходимо маркировать табличкой “Неисправное оборудование” (2). Если ремонт сломанного оборудования займет определенный промежуток времени, то такое оборудование необходимо переместить из помещения, предназначенного для тренинга, в помещение для хранения. Как и в случае с соответствующими поверхностями, стоимость эксплуатации оборудования может вырасти в разы, если требуемая чистка и техническое обслуживание не проводятся.

Контрольный перечень действий, проводимых в рамках технического обслуживания помещений и оборудования (см. Рисунок 23.6), который был разработан специалистами Национальной Ассоциации Силовой и Кондиционной подготовки (NSCA), будет полезен при определении потребностей в области технического обслуживания оборудования, используемого организацией. Кроме того, следует разработать график уборок, в котором бы указывалось, какое оборудование следует протирать и чистить ежедневно, раз в неделю, раз в две недели или раз в месяц. В указанном контрольном перечне также содержится информация в части вопросов компоновки, в особенности тех, которые связаны с безопасностью тренирующихся.

Материалы, используемые для чистки и технического обслуживания оборудования должны храниться на складе или в специальном шкафу. При наличии такой возможности, моющие средства должны быть заперты на ключ, а использовать их следует только при необходимости. Любые инструменты следует держать в специальном ящике, который должен быть убран и не должен находиться на виду клиентов. Также следует регулярно проводить инвентаризацию инструментов и моющих средств и пополнять их запасы. Перечень оборудования для технического обслуживания и моющих средств представлен в Таблице 23.3.

Составление графиков регулярной уборки и проведения технического обслуживания способствует повышению безопасности тренировочного процесса, защищает вложенные средства и позволяет поддерживать чистоту и аккуратный внешний вид помещений, предназначенных для силовой и кондиционной подготовки.

Заключение

Строительство здания, предназначенного для силового и кондиционного тренинга – это достаточно длительный процесс, который требует проведения масштабных проектно-конструкторских работ, а также тщательного планирования. Этот процесс начинается со сбора команды специалистов по соответствующим направлениям, которые будут оказывать содействие в ходе проектирования и

строительства сооружения. Следующий этап предполагает оценку требований, связанных с обеспечением тренировочного процесса всем необходимым. На данном этапе определяется количество одновременно тренирующихся атлетов; среднестатистический опыт атлетов; потребность в тренерском персонале; состав оборудования, которое требуется для проведения тренировочного процесса, а также разрабатываются соответствующие расписания и прочие графики. После принятия соответствующих решений, должен начаться процесс проектно-конструкторских работ и планирования размещения оборудования. При планировании размещения и расстановке оборудования следует предпринимать необходимые меры предосторожности и следовать директивным требованиям.

После завершения процесса строительства, следует систематическим образом проводить чистку и техническое обслуживание помещений и используемого оборудования для того, чтобы гарантировать безопасность клиентов в ходе тренинга, а также защитить вложенные средства. Регулярная чистка и техническое обслуживание оборудования и соответствующих поверхностей являются крайне важным условием работы зала в долгосрочной перспективе. Чистку и техническое обслуживание в первую очередь необходимо проводить на том оборудовании, которое используется наиболее часто. Это позволит предотвратить распространение инфекций среди клиентов, а также будет способствовать поддержанию требуемого уровня гигиены и сохранению комфортной среды в здании.

Таблица 23.3 Перечень оборудования и моющих средств, необходимых для проведения технического обслуживания и чистки

Оборудование для проведения технического обслуживания	Моющие средства
Напильник	Дезинфицирующее вещество (бактерицид)
Молоток	Средства, предназначенные для очистки соответствующих поверхностей (деревянные поверхности, стены, обивка и т.д.)
Плоскогубцы	Средство для чистки стекол
Набор отвёрток	Смазочное вещество
Набор гаечных ключей	Бумажные полотенца
Нож	Пульверизаторы
Степлер	Тканые полотенца и ветошь
Клейкая лента	Губки
Запасные гайки, болты и шайбы	Метлы и совки
Суперклей	Пылесос
Дрель с набором сверел	Швабры и ведра
Зажимное устройство (струбцина)	Пятновыводитель

Ключевые термины

Анализ потребностей

Генеральный план

Оценка целесообразности проекта

Резерв безопасности

Этап ввода в эксплуатацию

Этап разработки проектно-конструкторской документации

Этап разработки эскизного проекта

Этап строительных работ

Вопросы для закрепления материала

1. Какова последовательность этапов строительства нового сооружения, предназначенного для силового и кондиционного тренинга?
 - a. строительные работы, разработка эскизного проекта, разработка проектно-конструкторской документации, ввод в эксплуатацию
 - b. ввод в эксплуатацию, разработка проектно-конструкторской документации, строительные работы, разработка эскизного проекта
 - c. разработка эскизного проекта, строительные работы, разработка проектно-конструкторской документации
 - d. разработка эскизного проекта, разработка проектно-конструкторской документации, строительные работы, ввод в эксплуатацию
2. На каком этапе следует разрабатывать план ведения финансово-хозяйственной деятельности организации?
 - a. этап разработки эскизного проекта
 - b. этап разработка проектно-конструкторской документации
 - c. этап строительных работ
 - d. этап ввода в эксплуатацию
3. Каково минимальное рекомендованное расстояние между поверхностью пола и нижней гранью зеркал, висящих на стенах?
 - a. 16 дюймов (41 см)
 - b. 18 дюймов (46 см)
 - c. 20 дюймов (51 см)
 - d. 22 дюйма (56 см)
4. Какой из перечисленных ниже аспектов НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ключевым с точки зрения процесса расчетов потребных площадей для проведения тренинга в университетском зале для силовой и кондиционной подготовки?
 - a. доступность для атлетов
 - b. количество оборудования и его виды
 - c. количество атлетов одновременно находящихся в зале
 - d. количество команд, желающих тренироваться в зале
5. Каким должно быть минимальное расстояние между двумя силовыми рамами, которое отводится для страхующих?
 - a. 1 фут (30 см)
 - b. 2 фута (61 см)
 - c. 3 фута (91 см)
 - d. 4 фута (123 см)

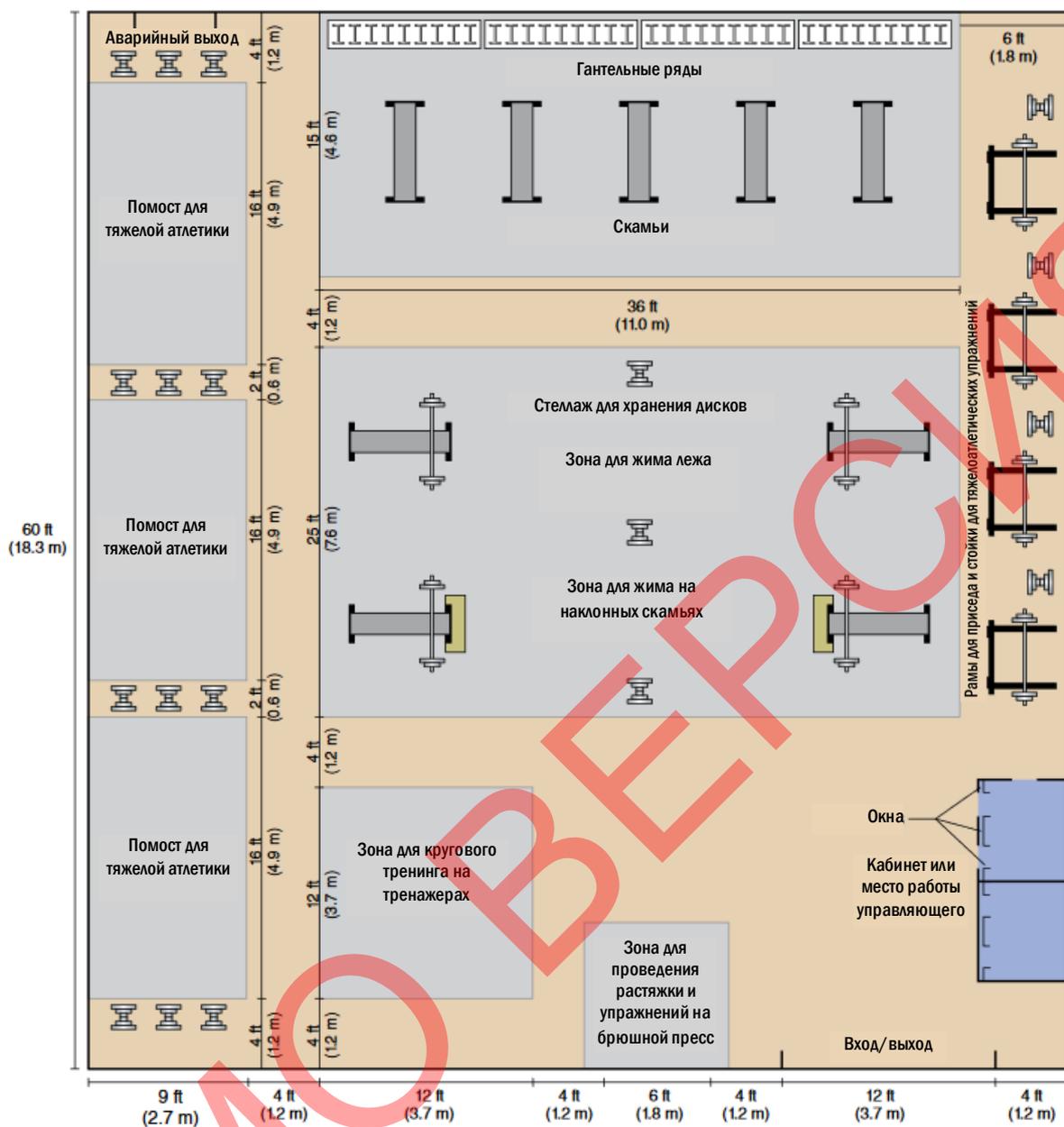


Рисунок 23.3 Пример компоновочного плана зала для силовой и кондиционной подготовки в учреждении среднего образования

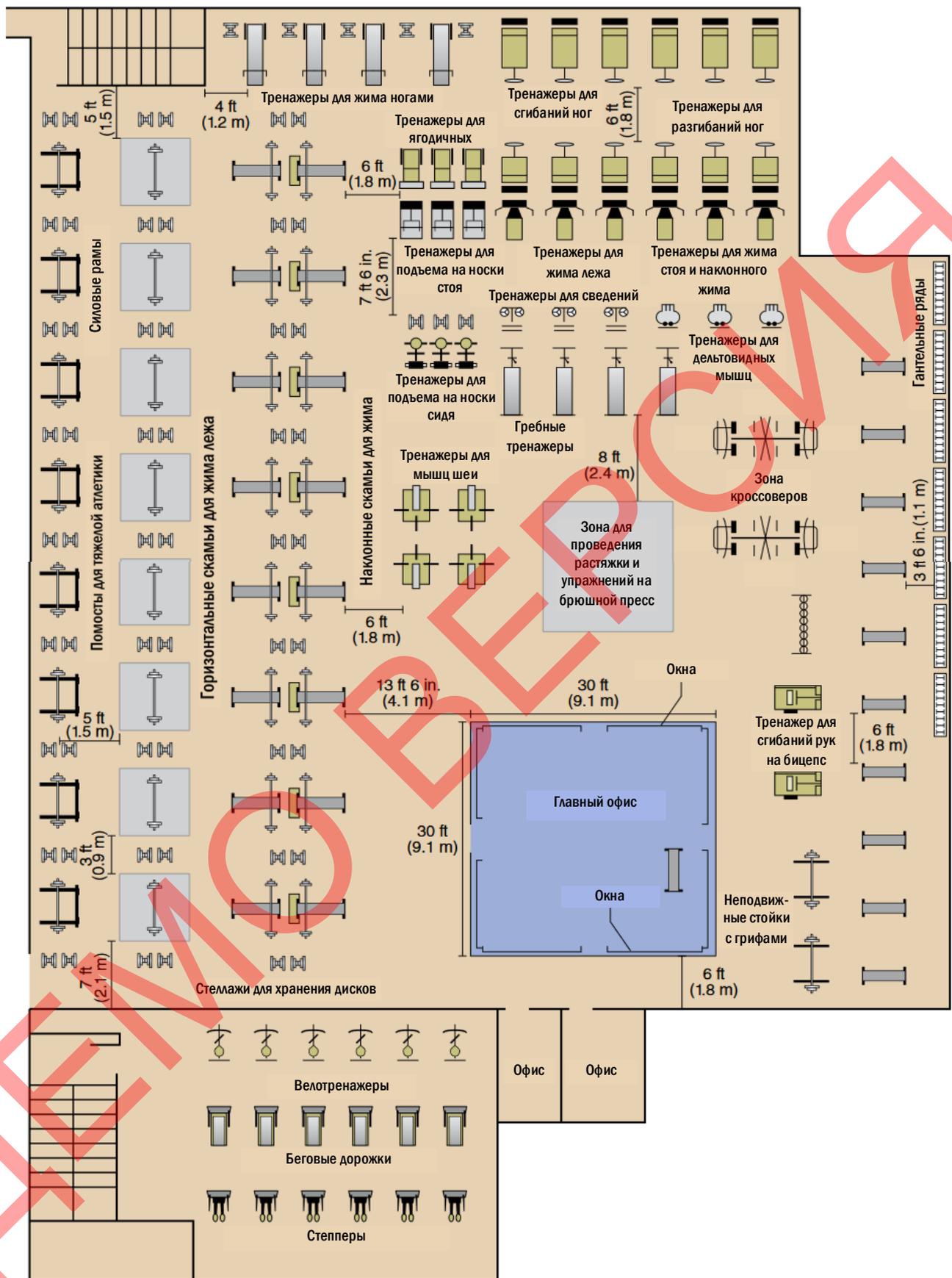


Рисунок 23.4 Пример компоновочного плана университетского зала для силовой и кондиционной подготовки (3 фута [ft] = 1 метр [m])

Контрольный перечень для проверки состояния поверхностей пола, стен и потолка

Полы

- Проверить на отсутствие крупных трещин и забившейся в них грязи и пыли.
- Проверить поверхности помостов на отсутствие сколов и трещин.
- Проверить состояние всех болтов и винтов, которыми осуществляется крепеж оборудования к полу.
- Удостовериться в том, что между швами полового покрытия не выступает засохший клей.
- Проверить надежность фиксации элементов покрытия пола (покрытие не должно двигаться).
- Проверить ковры на отсутствие грязи, грибков и разрывов.

Стены

- Удостовериться в том, что на стенах не скапливается пыль.
- Заменить зеркала при наличии трещин.
- Удалять разводы с зеркал следует не реже одного раза в неделю.
- Удалять разводы с окон следует не реже одного раза в неделю.
- Протирать пыль с подоконников и поверхностей шкафов следует раз в неделю.
- Нижняя грань зеркал должна находиться на менее, чем в 20 дюймах (51 см) от поверхности пола.

Потолки

- Удостовериться в том, что все осветительные приборы функционируют исправно.
- Необходимо удалять любую скопившуюся пыль и паутину.
- Удостовериться в том, что любое оборудование, которое прикреплено к потолку, зафиксировано должным образом.
- При необходимости, заменяйте потолочную плитку в кратчайшие сроки.
- В целях выполнения соответствующих требований, минимальная высота потолка должна равняться 12 футам (3.66 м).

Рисунок 23.5 Контрольный перечень для проверки состояния поверхностей пола, стен и потолка

Взято из энциклопедии Основы силового и кондиционного тренинга, 2016 г, издание 4-е, под ред. Г. Хаффа и Т. Триплетта
NSCA, 2016, Essentials of strength training and conditioning, 4th ed., edited by G. Haff and T. Triplett (Champaign, IL: Human Kinetics).

Помещения, используемые для тренинга

Пол

- Осмотр и уборка проводится ежедневно
- На напольных покрытиях, изготовленных из дерева, не должно быть каких-либо сколов, отверстий, торчащих гвоздей и незакрепленных винтов
- Плиточные покрытия пола должны быть выполнены из нескользящих материалов; скопление влаги или талька в швах является недопустимым
- На плитках прорезиненного покрытия пола не должно быть крупных засечек и трещин, кроме того, между отдельными плитками покрытия пола не должно быть крупных зазоров
- Мягкие маты, крепящиеся друг к другу замком типа ласточкин хвост, должны быть надежно зафиксированы; отдельных элементов, выступающих над поверхностью, образуемой матами, быть не должно
- На коврах, изготовленных из влагостойких (невыпитывающих) материалов, не должно быть разрывов; области, подверженные сильному износу, должны быть защищены износостойчивыми матами
- Тренировочные площадки необходимо регулярно подметать и пылесосить или мыть шваброй
- Любое покрытие пола необходимо должным образом закрепить с помощью клея или крепежных болтов

Стены

- Поверхности стен необходимо мыть два или три раза в неделю (или чаще при необходимости)
- На стенах в зонах со значительным количеством клиентов не должно находиться бытовых электроприборов, оборудования или настенных и навесных предметов
- Все зеркала и полки должны быть надежно закреплены к стенам
- Необходимо регулярно мыть окна и зеркала (в особенности в зонах со значительным количеством клиентов, к примеру, рядом со входом в здание или около фонтанчика с питьевой водой)
- Нижняя грань зеркал, висящих в любой из зон, должна находиться на менее, чем в 20 дюймах (51 см) от поверхности пола
- На зеркалах не допускается наличие трещин или иных деформаций (при наличии повреждения, зеркало должно быть незамедлительно заменено на новое)

Потолок

- Все крепежные элементы и арматуру на потолке необходимо регулярно протирать от пыли
- Потолочная плитка должна содержаться в чистоте
- Поврежденные или отсутствующие плитки потолочного покрытия необходимо заменять
- Все незакрытые трубы и вентиляционные воздуховоды следует содержать в чистоте и мыть при необходимости

Тренировочное оборудование

Зона для проведения растяжки и тренинга с собственным весом

- В зоне с покрытием пола в виде мягких матов не должно находиться зимовых скамей и прочего оборудования
- На поверхности матов и обивке оборудования не должно быть трещин, прорех и разрывов
- Между матами, лежащими в зоне для проведения растяжки, не должно быть значительных зазоров
- Данную зону необходимо мыть и дезинфицировать ежедневно
- После использования, оборудование необходимо хранить надлежащим образом
- Эластичные корды должны быть привязаны к неподвижному элементу страховочным узлом; необходимо регулярно проверять корды на предмет отсутствия следов износа
- Поверхности, которые могут входить в контакт с кожей клиентов, необходимо обрабатывать антигрибковыми и антимикробными средствами ежедневно
- На верхней и нижней поверхностях плиометрических боксов должны быть нанесены нескользящие материалы
- Высота потолка должна быть достаточной для выполнения упражнений, предполагающих выведение тренировочного снаряда в положение над головой (т.е. минимальная высота потолка должна равняться 12 футам [3.7 м]), на указанной высоте с потолка не должно свисать каких-либо конструктивных элементов типа балок, труб, осветительных приборов, знаков и т.д.

Рисунок 23.6 Контрольный перечень мер безопасности, используемый для проведения оценки состояния и технического обслуживания зданий и оборудования, выпущенный Национальной Ассоциацией силовых и кондиционных видов спорта (NSCA)

Взято из энциклопедии Основы силового и кондиционного тренинга, 2016 г. под ред. Г. Хаффа и Т. Триплетта
NSCA, 2016, Essentials of strength training and conditioning, 4th ed., edited by G. Haff and T. Triplett (Champaign, IL: Human Kinetics).

Использованы материалы книги Основы персонального тренинга 2004 г., под ред. Р. Ирла и Т. Бахле
Adopted by permission, from National Strength and Conditioning Association, 2004, NSCA's essentials of personal training, edited by R.W. Earle and T.R. Baechle (Champaign, IL: Human Kinetics) 604-606.

(Продолжение)

Зона для тренинга с отягощениями на тренажерах

- Необходимо обеспечить простоту доступа к каждому тренажеру (минимальное расстояние между тренажерами должно равняться 2 футам [61 см]; оптимальным является расстояние в 3 фута [91 см])
- В этой зоне не должны быть незакрепленных болтов, винтов, кабелей и цепей
- В грузоблочных тренажерах для выбора требуемого количества плит нагружения следует использовать только специализированные втулки
- Страховочные ремни должны функционировать исправно
- Все детали и поверхности должны быть должным образом смазаны и очищены
- На поверхности мягких подушек и валиков не должно быть трещин и разрывов
- Поверхности, которые могут входить в контакт с кожей клиентов, необходимо обрабатывать антигрибковыми и антимикробными средствами ежедневно
- На тренажерах не должно быть торчащих или выступающих наружу крепежных элементов или деталей, требующих замены или затяжки
- Ремни, цепи и кабели должны работать в полном соответствии с конструкцией тренажера
- Износ конструктивных элементов тренажеров не допускается (не должно быть потертых кабелей, ослабленных цепей, изношенных болтов, трещин на соединительных деталях и т.д.)

Зона для тренинга со свободными отягощениями

- Необходимо обеспечить простоту доступа к каждой жимовой скамье (минимальное расстояние между площадками со скамьями должно равняться 2 футам [61 см]; оптимальным является расстояние в 3 фута [91 см])
- Расстояние между концевыми элементами соседних грифов Олимпийского типа должно равняться (3 футам [91 см])
- Все оборудование после использования необходимо возвращать на место хранения во избежание возникновения преград на пути движения клиентов
- Необходимо использовать страховочное оборудование и возвращать его на место хранения (ремни, пояса, грифы Хэтфилда и т.д.)
- На обивке не должно быть трещин и разрывов
- Поверхности, которые могут входить в контакт с кожей клиентов, необходимо обрабатывать антигрибковыми и антимикробными средствами ежедневно
- Крепежные болты и детали оборудования (втулки, EZ-грифы) должны быть туго затянуты
- Покрытие пола, на котором стоят силовые рамы для приседа, должно быть выполнено из нескользящих материалов
- Олимпийские грифы необходимо использовать в соответствии с их назначением, кроме того, их необходимо смазывать, а крепежные детали затягивать должным образом
- Скамьи, силовые рамы, стойки и прочее оборудование аналогично назначения должно быть закреплено к полу или стенам
- Нефункциональное или сломанное оборудование должно быть удалено из данной зоны или промаркировано как нерабочее
- Высота потолка должна быть достаточной для выполнения упражнений, предполагающих выведение тренировочного снаряда в положение над головой (т.е. минимальная высота потолка должна равняться 12 футам [3.7 м]), на указанной высоте с потолка не должно свисать каких-либо конструктивных элементов типа балок, труб, осветительных приборов, знаков и т.д.

Зона тяжелоатлетического тренинга

- Расстояние между концевыми элементами соседних грифов Олимпийского типа должно равняться (3 футам [91 см])
- После использования все оборудование следует возвращать на места хранения во избежание скопления оборудования в зоне непосредственного тренинга
- Втулки на Олимпийских грифах должны свободно вращаться и быть смазаны и должным образом затянуты
- Погнутые Олимпийские грифы необходимо заменять; в насечке грифов не должно быть стружки
- Замки для грифов должны функционировать исправно
- Клиентам должен быть предоставлен тальк
- Клиентам должны быть предоставлены в пользование кистевые бинты, ремни и наколенники; после использования они должны храниться в соответствующем месте
- Скамьи, тумбы, боксы должны находиться на соответствующем расстоянии от зоны, в которой происходит непосредственная работа с отягощениями
- Между матами не должно быть зазоров, прорех, щепок
- В данной зоне необходимо проводить качественную сухую и влажную уборку для удаления щепок и талька
- Высота потолка должна быть достаточной для выполнения упражнений, предполагающих выведение тренировочного снаряда в положение над головой (т.е. минимальная высота потолка должна равняться 12 футам [3.7 м]), на указанной высоте с потолка не должно свисать каких-либо конструктивных элементов типа балок, труб, осветительных приборов, знаков и т.д.

(Продолжение)

Зона аэробного тренинга

- Необходимо обеспечить простоту доступа к каждой площадке (минимальное расстояние между площадками должно равняться 2 футам [61 см]; оптимальным является расстояние в 3 фута [91 см])
- Болты и винты должны быть затянуты должным образом
- Функциональные элементы оборудования должны поддаваться простой регулировке
- Все детали и поверхности должны быть качественно смазаны и очищены
- Ремни безопасности для стоп и туловища атлетов не должны иметь следов разрыва
- Приборы и устройства, используемые для измерения силы натяжения, времени и количества оборотов в минуту, должны функционировать надлежащим образом
- Поверхности, которые могут входить в контакт с кожей клиентов, необходимо обрабатывать антигрибковыми и антимикробными средствами ежедневно

Частота проведения технического обслуживания и чистки

Ежедневно

- Необходимо проводить осмотр поверхности полов на предмет возникновения повреждений или следов износа.
- Необходимо проводить очистку всех поверхностей пола (с помощью метлы, пылесоса или ветоши и дезинфицирующего средства).
- Необходимо проводить чистку и дезинфекцию всей обивки.
- Необходимо проводить чистку и дезинфекцию фонтанчика с питьевой водой.
- Необходимо проводить контроль качества фиксации оборудования к поверхности пола.
- Необходимо проводить чистку и дезинфекцию поверхностей оборудования, которые могут входить в контакт с кожей клиентов.
- Необходимо мыть зеркала.
- Необходимо мыть окна.
- Необходимо проводить осмотр зеркал на наличие повреждений.
- Необходимо проводить осмотр всего оборудования на предмет наличия следов повреждений; износа; незакрепленных или выступающих ремней, винтов, кабелей или цепей; незакрепленных или нефункционирующих ремней для фиксации стоп или тела; неудовлетворительно функционирующих или неправильно используемых крепежных деталей, втулок или иных элементов.
- Все подвижные детали оборудования должны быть очищены и смазаны.
- Необходимо проводить осмотр обивки на предмет наличия трещин и разрывов.
- Необходимо проводить осмотр всех нескользящих покрытий и мягких матов на предмет надлежащей установки, а также наличия повреждений и следов износа.
- Необходимо удалять мусор.
- Необходимо проводить чистку корпусов осветительных приборов, вентиляторов, воздухопроводов, часов и колонок.
- Необходимо проводить контроль за тем, чтобы оборудование возвращали и должным образом хранили после использования.

Два или три раза в неделю

- Необходимо смазывать и проводить чистку тренажеров для аэробного тренинга и направляющих, используемых в конструкции грузоблочных тренажеров.

Раз в неделю

- Необходимо проводить чистку (сметать пыль) с крепежных элементов покрытия потолка.
- Необходимо проводить чистку потолочной плитки.

По мере необходимости

- Заменять лампы освещения.
- Проводить чистку стен.
- Заменять поврежденные или отсутствующие плитки покрытия потолка.
- Проводить чистку открытых участков потолка с неизолированными трубами и воздуховодами.
- Удалять из помещения сломанное оборудование или вешать на него предупреждающий знак.
- Заполнять емкости с тальком.
- Проводить чистку насечки на грифах.
- Удалять ржавчину с покрытий пола, дисков, грифов и оборудования специализированным составом (для снятия ржавчины)

Список использованной литературы

1. Abbott, AA. Fitness facility orientation. ACSMs Health Fit J15(3):38-40, 2011.
2. ACSM's Health/Fitness Facility Standards and Guidelines. Cham-paign, IL: Human Kinetics, 49-72, 2012.
3. Armitage-Johnson, S. Providing a safe training environment for participants, part I. Strength Cond 16(1):64, 1994.
4. Armitage-Johnson, S. Providing a safe training environment, part II. Strength Cond 16(2):34, 1994.
5. Hypes, MG. Planning and designing facilities. JOPHERD 77(4):18-22, 2006.
6. Kroll, B. Facility design: Developing the strength training facility. NSCA J 11(6):53, 1989.
7. Kroll, W. Structural and functional considerations in designing the facility, part I. NSCA J 13(1):51-58, 1991.
8. Kroll, W. Structural and functional considerations in designing the facility, part II. NSCA J 13(3):51-57, 1991

ДЕМО ВЕРСИЯ

ДЕМО ВЕРСИЯ