

ГРАНЕВСКИЙ В.В.

**МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗМА И
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА
СПОРТСМЕНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**(УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО КУРСУ «АНАТОМИЯ
ЧЕЛОВЕКА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТОВ
ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА)**

КАФЕДРА «СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА»

**МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗМА И
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
СПОРТСМЕНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

**(УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ПО КУРСУ «АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИНСТИТУТОВ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА)**

ПЕРЕИЗДАНО, 2012

ВВЕДЕНИЕ

Анатомия — наука о развитии, форме и строении человеческого тела и составляющих его систем органов в зависимости от их функции и воздействия внешней среды.

Точное представление о форме и строении тела живого человека является непременным условием понимания жизненных отправления организма и диапазона его функциональных возможностей. Главным фактором, определяющим строение органов и систем, является их работа. В процессе труда, воздействуя на окружающую природу, человек изменяется и сам, что служит подтверждением основного закона диалектики об интегральной связи формы и функции.

Анатомия, как фундаментальная теоретическая дисциплина медико-биологической подготовки тренеров по видам спорта и педагогов по физическому воспитанию, обеспечивает не только знание объекта будущей деятельности специалистов, но и прививает необходимые практические навыки

Отечественная анатомия, начиная с Н. И. Пирогова и, особенно, П. Ф. Лесгафта, развивалась как анатомия функциональная. Она не ограничивалась описанием строения организма человека, но стремилась все особенности строения связать со своеобразием функций.

П. Ф. Лесгафт отчетливо показал, что формирование организма происходит в определенной биологической и социальной среде, причем влиянию внешней среды он отводил особенно значительную роль. Из своих теоретических положений П. Ф. Лесгафт сделал практический вывод: дополнение обычной работы органов и их систем специальным комплексом тренировочных нагрузок, направленных на улучшение их функции, неизбежно должно вести за собой изменение их формы и структуры, поддерживающих и закрепляющих новую функцию. П. Ф. Лесгафт первым установил связь между анатомией и физической культурой и создал научно обоснованную систему физического воспитания людей.

Физическая культура способствует улучшению общего физического развития людей. Спорт, высшая, специализированная форма физической культуры, включает элемент соревнований, состязаний среди спортсменов, целенаправленно выработавших в себе какие-то определенные качества. В спорте высшие достижения (рекорды) не являются самоцелью; они должны рассматриваться как показатель высокого уровня здоровья, развития функциональных возможностей и мастерства спортсмена, как естественный результат правильной системы тренировки.

Систематические тренировки закономерно вызывают в организме спортсмена адаптационные сдвиги общего характера, возникающие на фоне структурных, физиологических и биохимических изменений. Осведомленность спортсменов и тренеров об особенностях и динамике этих изменений, в том числе и структурных, является одним из залогов

правильного выбора тренировочного процесса в целях выработки определенных качеств.

Изучение структурных изменений, возникших в процессе приспособления организма спортсмена к мышечной работе того или другого характера, не может быть ограничено констатацией характера и динамики изменений внешней формы органов (макроскопическая анатомия). Особенности перестройки органов и их систем могут быть поняты и объяснены только на основе изучения изменений их внутренней микроскопической структуры (микроскопической анатомии, опирающейся на учение о клетках и тканях).

Только антропометрические и рентгеноанатомические наблюдения над спортсменами, естественно, не могут решить всех вопросов макроскопической, а тем более микроскопической, анатомии. В силу этого в процессе изучения характера структурных изменений организма под влиянием повторяющейся физической нагрузки разного характера и интенсивности очень большое значение приобретает эксперимент на животных, позволяющий в деталях изучить ряд общебиологических процессов, их характер, динамику, направленность, возможности обратного развития.

Научно-технический прогресс, принесший в биологические науки много новых методов исследования организма на разных его уровнях — субмикроскопическом, микроскопическом, органном и системном, позволил накопить значительное число сведений о морфо-функциональных особенностях организма спортсмена.

Объединение макро- и микроскопических методов исследования, используемых спортивной морфологией, позволяет вскрыть многие скрытые закономерности структурной перестройки организма спортсмена. Последнее призвано сообщить сведениям по спортивной морфологии элемент действительности, позволив, с одной стороны, активно и целенаправленно искать пути прогрессивной структурной перестройки организма спортсмена, а с другой — использовать заложенные в него природой возможности.

Изложению представлений о макро- и микроскопической перестройке различных систем организма спортсмена и посвящено настоящее учебное пособие. В нем с современных позиций рассматриваются общие представления о механизмах и характере морфо-функциональной адаптации целостного организма спортсмена и опорно-двигательного аппарата.

В учебном пособии содержатся краткие сведения о макро- и микроскопическом устройстве рассматриваемой системы и современные представления об ее изменениях на разных уровнях организации, возникающих под влиянием физических нагрузок. Современному спорту, как хорошо известно, свойственна весьма высокая интенсификация тренировочного процесса. Только в таких условиях в отдельных органах и во всем организме спортсмена могут возникнуть прогрессивные изменения, обеспечивающие тот уровень функции, без которого невозможно высокое мастерство спортсмена. Однако такой тренировочный процесс, построенный без учета индивидуальных особенностей спортсмена, может стать причиной

перетренированности или перенапряжения и снижения работоспособности. В этой связи в пособии специально рассматриваются структурные изменения некоторых органов или систем, обусловленные перетренированностью, с учетом причин их возникновения и возможностей обратного развития.

Настоящее пособие рассчитано на студентов институтов физической культуры и спорта, тренеров по видам спорта и педагогов по физическому воспитанию.

Целью учебного пособия является:

1. Расширение общебиологической подготовки студентов, тренеров и спортсменов в целях укрепления их материалистического мировоззрения в понимании естественно-научных основ спорта.

2. Ознакомление с многообразием и спецификой морфо-функциональных изменений организма под влиянием различных видов спортивной деятельности.

3. Углубление представлений о необходимости научно обоснованного проведения тренировочного процесса в условиях его индивидуализации и четких представлений о единстве формы и функции.

ОБЩЕБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА СПОРТСМЕНА

Адаптация (приспособление) — термин, которым обозначают морфо-функциональную способность живых организмов приспосабливаться к непрерывно изменяющимся условиям внешней и внутренней среды. Ф. Энгельс, давая в «Диалектике природы» определение жизни организма, включил в него и процесс приспособления: «...организм — это высшее единство белковых тел, способное к обмену веществ с окружающей средой, к росту и размножению. В процессе исторического развития это единство сложилось как целостная, все время меняющаяся система... Жизнь этой системы возможна в определенных условиях внешней среды, к которым она приспособлена». Приспособительные, адаптационные реакции, направленные на поддержание целостности организма данного вида, несмотря на изменения условий внешней среды, отличаются известными колебаниями, создающими отличие одной особи от другой. Таким образом, адаптация в широком понимании является одним из проявлений жизнедеятельности.

Обычно же под адаптацией понимают процесс повышения устойчивости организма к каким-либо новым, нередко экстремальным, воздействиям внешней среды. К разряду таких воздействий относится и адаптация к повторяющейся физической нагрузке, характерной для спорта.

Процесс адаптации осуществляется на основе принципа единства формы и функции: функциональные сдвиги сопровождаются структурными

изменениями на разных уровнях целостного организма — от субклеточного до системного.

Изменения формы и функции, развивающиеся в процессе адаптации, достаточно специфичны: повышение устойчивости к одним воздействиям часто не распространяется на другие. Так, систематическое выполнение специальных упражнений, направленных на развитие ловкости, силы или выносливости, ведет за собой развитие определенных структурных изменений во всех системах организма и создает материальную базу для повышения данного качества. В этой связи изучение морфо-функциональных основ процесса адаптации может существенно помочь в поисках теоретических, а затем и практических путей управления ею в целях увеличения функциональных возможностей организма без вреда для последнего.

Постоянство процессов жизнедеятельности (гомеостаз) в условиях непрерывно изменяющейся внешней среды осуществляется путем нервно-гуморальной регуляции при ведущей роли нервной системы.

Обеспечивается эта регуляция в основном работой трех систем организма: **нервная система** устанавливает все нервные связи внутри организма и осуществляет его связь с внешней средой; **сосудистая система** и **эндокринная система** поддерживают гуморальные (жидкостные) связи внутри организма, снабжают ткани кислородом, питательными веществами и гормонами, количество которых в каждый данный момент, в зависимости от потребностей, регулируется нервной системой.

Структурные повреждения любого звена нервно-гуморальной регуляции отражаются на функции различных органов и систем и могут резко снизить адаптационные возможности организма.

Поддержание всех жизненно важных функций организма на определенном уровне осуществляется автоматически, без участия сознания, на основе «золотого правила» саморегуляции. Согласно этому правилу отклонение какого-либо жизненного показателя от своего уровня служит сигналом для включения аппаратов и систем, вновь восстанавливающих этот уровень. Факторы, отклоняющие уровень и вновь его восстанавливающие, всегда находятся в определенных количественных соотношениях, за что они получили свое название.

Жизненные уровни, или константы (постоянные), могут быть разделены на жесткие, не терпящие даже малейших отклонений (осмотическое давление), и пластичные; последние без вреда для организма могут колебаться в достаточно широких пределах (артериальное давление, частота пульса).

Восстановление одних констант (артериального давления у здоровых людей) осуществляется мобилизацией различных систем внутри организма. Для нормализации других (содержание сахара в крови, уровень осмотического давления) требуются определенные поведенческие реакции (утоление голода, жажды) и выход приспособительных механизмов за пределы организма для связи с внешним миром.

В четкой форме законы физиологической саморегуляции, лежащие в основе процессов адаптации, были сформулированы И. П. Павловым. Он рассматривал организм как систему в высшей степени саморегулирующуюся, саму себя поддерживающую, восстанавливающую, направляющую, и даже совершенствующую. Как видно, законы физиологической саморегуляции тесно соприкасаются с принципами кибернетики.

Изучением аппарата саморегуляций много занимался видный советский физиолог П. К. Анохин, создавший учение о **функциональных системах саморегуляции**.

Эти функциональные системы состоят из четырех элементов:

1) конечный приспособительный эффект (или константа организма), поддержание которого на определенном уровне жизненно важно;

2) рецепторы разного рода, с большой точностью определяющие уровень константы, причем определенные рецепторы обладают исключительной стабильностью по отношению к определенной константе и как бы связаны с нею в пары;

3) центральная нервная система, мгновенно получающая сигналы о сдвигах констант (обратная афферентация по П. К. Анохину);

4) механизмы, включаемые ЦНС для выравнивания констант в зависимости от характера информации, поступившей с периферии.

Так, снижение содержания кислорода в атмосферном воздухе (высокогорье, барокамера) ведет к снижению его напряжения в крови и тканях. Последнее представляет существенную опасность для жизнедеятельности организма.

Специальные хеморецепторы, определяющие эту константу, сигнализируют об ее сдвигах в ЦНС, которая немедленно включает механизмы, способные быстро довести содержание кислорода в тканях до уровня, могущего обеспечить их функцию. Достигается это учащением дыхания и сердцебиения, ускорением кровотока, увеличением объема циркулирующей крови и рядом других механизмов. Конечно, такое восстановление уровня константы не экономично и может быть использовано лишь в экстренных случаях и в течении сравнительно непродолжительного времени.

Длительное пребывание в условиях высокогорья включает уже другие механизмы, действующие более надежно и экономично. При этом возникают достаточно устойчивые приспособительные изменения, обеспечивающие доставку кислорода к тканям: усиливается продуцирование эритроцитов в костном мозгу. Количество их в периферической крови возрастает до 6—8 миллионов, они содержат больше гемоглобина; кислородная емкость крови при этом возрастает, а количество кислорода, доставляемого тканям, увеличивается, дыхание становится более глубоким, замедляется кровоток, сосудистая сеть органов сгущается. Одновременно ткани приспособляются к существованию в условиях недостатка кислорода (гипоксии). Так, в скелетных мышцах увеличивается содержание пигмента миоглобина, облегчающего поступление в них кислорода, и происходит ряд других

структурных изменений, в силу которых человек, адаптированный к условиям высокогорья, может, несмотря на недостаток кислорода в атмосферном воздухе, выполнять большие по объему и интенсивности физические нагрузки.

Как уже отмечалось, изменение функций организма в процессе адаптации его к новым условиям существования влечет за собой развитие структурных изменений на разных уровнях живого организма — от субклеточного до органного и системного.

Научно-технический прогресс, внедрение в естественные науки электронной микроскопии, гистохимии, автордиографии и ряда других методов исследования позволили в последние десятилетия накопить и обобщить большой фактический материал о внутреннем строении и жизни клетки, мельчайшей структурной единицы всего живого. Эти сведения дали возможность расширить и углубить представления о характере и особенностях структурной перестройки клеток, органов и их систем в процессе морфо-функциональной адаптации к различным воздействиям. Значительное место среди этих исследований принадлежит изучению изменений, возникающих в различных структурах живого организма под влиянием физической нагрузки.

Все клетки живого организма, несмотря на крайнее разнообразие их формы, имеют ряд общих черт. Так, снаружи они окружены плазматической мембраной, в которую заключены **цитоплазма (тело клетки) и ядро**, занимающее в ней центральное положение.

Плазматической мембране принадлежит важная роль в регулировании клеточного содержимого: через нее проникают питательные вещества и кислород и удаляются конечные продукты жизнедеятельности.

Ядро клетки руководит обменом веществ, ростом и размножением. Оно также окружено мембраной, отделяющей его от тела клетки. В полужидком основном веществе ядра взвешено строго определенное число нитевидных образований — хромосом, состоящих из особого белка — дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) и содержащих единицы наследственности — гены.

Цитоплазма — материал, находящийся внутри плазматической мембраны, в световом микроскопе выглядит как полужидкое основное вещество, в котором взвешены разнообразные мелкие капли и глыбки. Электронный микроскоп, разрешающая способность которого много выше светового, показывает, что цитоплазма представляет собой сложный лабиринт из мембран и заключенных между ними пространств. Большую часть цитоплазмы занимают пластинчатые мембраны эндоплазматической сети, с которыми связаны мелкие округлые образования — рибосомы, ответственные за синтез белков.

Все клетки содержат в своей цитоплазме ультраструктуры, называемые митохондриями, главная функция которых состоит в выработке энергии, за что они и получили название «электростанций» клетки. Внутри митохондрий потенциальная энергия пищевых веществ превращается в

биологически полезную химическую энергию. Число митохондрий, их форма и размеры отличаются большой изменчивостью. Обычно они сосредоточиваются в той части клетки, где обмен веществ наиболее интенсивен.

Еще один компонент цитоплазмы — аппарат Гольджи — имеет вид неупорядоченной сети канальцев и играет важную роль в образовании некоторых клеточных продуктов. И, наконец, в теле клеток содержатся группы органелл, по форме сходных с митохондриями, но занятых выработкой ферментов, способствующих рассасыванию поврежденных клеток. Эти образования получили название лизосом.

Современные методы исследования позволили установить, что все описанные выше ультраструктуры живой клетки являются образованиями крайне изменчивыми. Даже в условиях нормальной жизнедеятельности в клетке все время идут два, противоположных по значению, процесса: какая-то часть ее органелл частично или полностью разрушается, в то время как другая восстанавливается. В результате такой борьбы противоположностей и их единства клетка непрерывно обновляет свою структуру, сохраняя при этом свою целостность.

Способность микроструктур клетки разрушаться и восстанавливаться получила название внутриклеточной физиологической регенерации. Ритм разрушений и восстановлений ультраструктур клетки отличается большой подвижностью. Он способен легко изменяться под влиянием различных воздействий, что чрезвычайно важно, так как именно способность клетки изменять свою внутреннюю структуру является основой механизма адаптации.

Адаптация к новым условиям существования складывается из поддержания на стабильном уровне констант организма и одновременно совершенствовании функций для обеспечения новых условий жизни. Функциональные сдвиги должны быть обеспечены определенной структурной перестройкой, которая проявляется в сдвигах процессов внутриклеточной физиологической регенерации в заинтересованных органах или системах.

Внутриклеточная физиологическая регенерация в клетках одного типа, вызванная одинаковыми причинами, может выражаться различными изменениями ультраструктур.

Так, в одних случаях наблюдения за характером изменений органелл клетки обнаруживают отчетливое убыстрение темпа их обновления. Внешние формы клетки при этом не меняются, функциональные же ее возможности существенно возрастают.

В других случаях ультраструктуры, обновляясь, увеличиваются в размерах (внутриклеточная гипертрофия) или в числе за счет их новообразования (внутриклеточная гиперплазия). Увеличение размеров или числа ультраструктур, естественно, ведет за собой увеличение размеров клетки, ее гипертрофию. При значительном распространении клеточной гипертрофии происходит увеличение органа, в котором развивается

физиологическая, или рабочая, гипертрофия, достаточно часто сопровождающая усиление функции органов.

Пусковым механизмом интенсификации процессов физиологической регенерации оказывается в первую очередь дефицит энергетических ресурсов, неизбежно возникающий в условиях усиления функции. Компенсирован он может быть только усиленным образованием или обновлением клеточных ультраструктур, ответственных за выработку энергии, — митохондрий, в силу чего именно с этих внутриклеточных образований и начинается ее перестройка в процессе адаптации к каким-то новым условиям существования.

Нормальное течение процессов внутриклеточной физиологической регенерации возможно лишь в условиях определенного чередования функциональной активности и отдыха, необходимого для восстановления ультраструктур, поврежденных в процессе работы. Грубые нарушения этой периодичности ведут к преобладанию в клетке процессов разрушения над восстановлением, что вызывает разного характера повреждения, вплоть до гибели. При повреждении большого числа клеток изменяются структура и функции органов, их систем и всего организма. В спорте это может выразиться состоянием перетренированности.

Следует, однако, помнить, что длительная бездеятельность отдельных органов или всего организма вызывает значительно более тяжелые структурные изменения в органеллах клетки, чем напряженная их работа. К последней организм адаптируется гораздо легче, соответствующим образом перестраивая ритм внутриклеточной физиологической регенерации.

Что представляет собой морфо-функциональная адаптация организма спортсмена к систематически повторяющейся физической работе? Выполняется такая работа скелетными мышцами, нуждающимися в большем, чем в покое, количестве механической энергии. Последняя преобразуется из химической, вырабатываемой в мышечных волокнах митохондриями. Материалом для выработки энергии являются углеводы (гликоген), запасы которого в мышцах ограничены, в силу чего как источник энергии используются жиры и аминокислоты (белки). Выработка энергии из последних возможна только в условиях интенсификации окислительных процессов, что, естественно, требует увеличения поступления кислорода в организм. Одновременно возникает необходимость срочного удаления из работающих мышц конечных продуктов жизнедеятельности, количество которых резко возрастает.

Еще до начала работы, в предстартовом периоде, сигналы из ЦНС по симпатическим нервам и системе гипофиз— кора надпочечников усиливают функцию всех систем, участвующих в обеспечении деятельности скелетных мышц. Увеличивается вентиляционная способность легких. Усиливается работа сердца. Происходит перераспределение крови: опорожняются кровяные депо, закрывается большая часть капилляров в органах брюшной полости. Основная масса крови под большим, чем в норме, давлением устремляется к работающим скелетным мышцам, в которых раскрываются

все резервные капилляры. Приток кислорода и питательных веществ возрастает; создаются условия для энергетического обеспечения выполняемой работы.

Если мышечная работа систематически повторяется, постепенно нарастая (тренировка), то под влиянием импульсов из ЦНС во всех системах организма спортсмена постепенно развиваются прогрессивные структурно-функциональные изменения, обеспечивающие значительное повышение работоспособности. В основе всех этих изменений лежит изменение ритма внутриклеточной физиологической регенерации.

Под влиянием нагрузок, направленных на выработку таких качеств, как быстрота и ловкость, процессы внутриклеточной регенерации в основном убыстряются, что обеспечивает органам высокие функциональные возможности без видимой перестройки их внешнего вида.

В случаях тренировки таких качеств, как выносливость или сила, в клетках происходит значительное увеличение размеров и числа ультраструктур, что ведет за собой развитие рабочей, физиологической гипертрофии органов.

Увеличивается масса скелетной мускулатуры всего тела или наиболее нагруженных его отделов. Связано это с увеличением размеров и числа мышечных волокон. Значительно улучшается кровоснабжение мышц: увеличивается диаметр магистральных стволов, растет число артериальных и венозных анастомозов, сгущается сеть капилляров за счет раскрытия просветов резервных и их новообразования. На фоне гипертрофии скелетных мышц изменяется внешний вид костей, их внутреннее строение: утолщается надкостница, более мощным становится компактное вещество кости, перекладины губчатого вещества грубеют. Все это увеличивает прочностные свойства кости, столь необходимые в силовых видах спорта.

Усиление кровообращения в мышцах увеличивает нагрузку центрального органа кровообращения — сердца, в котором развивается ряд изменений на всех уровнях его организации, приводящих к больше или меньше выраженной гипертрофии этого органа.

Изменениям в опорно-двигательном аппарате и сердечно-сосудистой системе обычно предшествуют изменения в клетках заинтересованных отделов ЦНС и эндокринных органах. Так, чувствительные и двигательные (моторные) клетки двигательной зоны коры больших полушарий мозга увеличиваются в размерах, приобретают большее число отростков; иногда удваиваются их ядра. В эндокринных органах обнаруживаются морфологические изменения, свидетельствующие об усилении их функции.

Таким образом, адаптация организма спортсмена к усилению мышечной активности отличается специфичностью, обусловленной характером работы. Протекает она на фоне функциональных сдвигов, стойкость которых обеспечивается определенной структурной перестройкой всех заинтересованных систем. Особенности этой морфологической перестройки улавливаются на внутриклеточном уровне и в ряде случаев позволяют объяснить особенности приспособительных изменений к различным по

характеру воздействиям. Знание основных общебиологических принципов морфо-функциональной адаптации может помочь тренеру сознательно и обоснованно избирать тот или другой тренировочный режим, позволяющий наиболее полно раскрыть возможности данного спортсмена.

АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Для тренеров и педагогов по физическому воспитанию необходимы в большей мере знания мышц по функциональному признаку, с тем чтобы использовать эти знания непосредственно при анализе спортивной техники. Однако без знания расположения мышцы, без знания направления волокон, направления равнодействующей силы мышцы по отношению к осям вращения, не могут быть понятны сложность и многообразие функций, выполняемых той или иной мышцей, и тем более функциональный подход к изучению группового взаимодействия мышц. Мышцы действуют не изолированно, а в содружестве, причем в каждом движении принимают участие не только мышцы, непосредственно обуславливающие действие, но и их антогонисты, т.е. мышцы противоположенного действия, обеспечивая плавность движения, их координацию и предупреждение травм.

Строение мышцы. Мышца — это орган, являющийся целостным образованием, имеющим только ему присущие строение, функцию и расположение в организме. В состав мышцы как органа входят поперечно-полосатая скелетная мышечная ткань, составляющая ее основу, рыхлая соединительная ткань, плотная соединительная ткань, сосуды, нервы. Основные свойства мышечной ткани — возбудимость, сократимость, эластичность — более всего выражены в мышце как органе.

Сократимость мышц регулируется нервной системой. И. М. Сеченов писал: «Мышцы суть двигатели нашего тела, но сами по себе, без толчков из нервной системы, они действовать не могут, поэтому рядом с мышцами в работе участвует всегда нервная система и участвует на множество ладов».

В мышцах находятся нервные окончания — рецепторы и эффекторы. Рецепторы — это чувствительные нервные окончания (свободные — в виде концевых разветвлений чувствительного нерва или несвободные — в виде сложно построенного нервно-мышечного веретена), воспринимающие степень сокращения и растяжения мышцы, скорость, ускорение, силу движения. От рецепторов информация поступает в центральную нервную систему, сигнализируя о состоянии мышцы, о том, как реализована двигательная программа действия, и т. п. В большинстве спортивных движений участвуют почти все мышцы нашего тела. В связи с этим нетрудно себе представить, какой огромный поток импульсов притекает в кору головного мозга при выполнении спортивных движений, как разнообразны получаемые данные о месте и степени напряжения тех или

других групп мышц. Возникающее при этом ощущение частей своего тела, так называемое мышечно-суставное чувство, является одним из важнейших для спортсменов.

Эффекторы — это нервные окончания, по которым поступают импульсы из центральной нервной системы к мышцам, вызывая их возбуждение. К мышцам подходят также нервы, обеспечивающие мышечный тонус и уровень обменных процессов. Двигательные нервные окончания в мышцах образуют так называемые моторные бляшки. По данным электронной микроскопии, бляшка не прободает оболочку, а вдавливается в нее, между бляшкой и мышцей образуется контакт — синаптическая связь. Место входа в мышцу нервов и сосудов называют воротами мышц.

Каждая мышца имеет среднюю часть, способную сокращаться и называемую брюшком, и сухожильные концы (сухожилия), не обладающие сократимостью и служащие для прикрепления мышц.

Брюшко мышцы содержит различной толщины пучки мышечных волокон. Каждое мышечное волокно, снаружи от сарколеммы, окутано соединительнотканной оболочкой — эндомизием, содержащей сосуды и нервы. Группы мышечных волокон, объединяясь между собой, образуют мышечные пучки, окруженные уже более толстой соединительнотканной оболочкой, называемой перимизием. Снаружи брюшко мышцы одето еще более плотным и прочным покровом, который называется фасцией. Она построена из плотной соединительной ткани и имеет довольно сложное строение. Соответственно новым данным, фасции делят на рыхлые, плотные, поверхностные и глубокие. Рыхлые фасции формируются под действием незначительных сил тяги. Плотные фасции образуются обычно вокруг тех мышц, которые в момент их сокращения производят сильное боковое давление на окружающий их соединительнотканый футляр. Поверхностные фасции лежат непосредственно под подкожным жировым слоем, не расщепляются на пластинки и «одевают» все наше тело, образуя для него своеобразный футляр. Следует заметить, что футлярный принцип строения характерен для всех фасций и был подробно изучен Н. И. Пироговым. Глубокие (собственные) фасции покрывают отдельные мышцы и группы мышц, а также образуют влагалища для сосудов и нервов.

Все соединительнотканые образования мышцы с мышечного брюшка переходят на сухожильные концы. Они состоят из плотной волокнистой соединительной ткани, коллагеновые волокна которой лежат между мышечными волокнами, плотно соединяясь с их сарколеммой.

Сухожилие в организме человека формируется под влиянием величины мышечной силы и направления ее действия. Чем больше эта сила, тем сильнее разрастается сухожилие. Таким образом, у каждой мышцы характерное для нее (как по величине, так и по форме) сухожилие.

Сухожилия мышц по цвету резко отличаются от мышц. Мышцы имеют красно-бурый цвет, а сухожилия белые, блестящие. Форма сухожилий мышц весьма разнообразна, но чаще встречаются сухожилия

цилиндрической формы или плоские. Плоские, широкие сухожилия носят названия апоневрозов (мышцы живота и др.). Сухожилия очень прочны и крепки. Например, пяточное сухожилие выдерживает нагрузку около 400 кг, а сухожилие четырехглавой мышцы бедра — 600 кг.

Сухожилия мышцы фиксируются или прикрепляются. В большинстве случаев они прикрепляются к надкостнице костных звеньев скелета, подвижных по отношению друг к другу, а иногда к фасциям (предплечья, голени), к коже (в области лица) или к органам (мышцы глазного яблока, мышцы языка). Одно из сухожилий мышцы является местом ее начала, другое — местом прикрепления. За начало мышцы обычно принимается ее проксимальный конец (проксимальная опора), за место прикрепления — дистальная часть (дистальная опора). Место начала мышцы считают неподвижной точкой (фиксированной), место прикрепления мышцы к подвижному звену — подвижной точкой. При этом имеют в виду наиболее часто наблюдаемые движения, при которых дистальные звенья тела, находящиеся дальше от тела, более подвижны, чем проксимальные, лежащие ближе к телу. Но встречаются движения, при которых бывают закреплены дистальные звенья тела, и в этом случае проксимальные звенья приближаются к дистальным. Таким образом, мышца может совершать работу или при проксимальной или при дистальной опоре. Следует заметить, что сила, с которой мышца будет притягивать дистальное звено к проксимальному и, наоборот, проксимальное к дистальному, всегда будет оставаться одинаковой (по третьему закону Ньютона — о равенстве действия и противодействия).

Мышцы, будучи органом активным, характеризуются интенсивным обменом веществ, хорошо снабжены кровеносными сосудами, которые доставляют кислород, питательные вещества, гормоны и уносят продукты мышечного обмена и углекислый газ. В каждую мышцу кровь поступает по артериям, протекает в органе по многочисленным капиллярам, а оттекает из мышцы по венам и лимфатическим сосудам. Ток крови через мышцу непрерывен. Однако количество крови и число капилляров, пропускающие ее, зависят от характера и интенсивности работы мышцы. В состоянии относительного покоя функционирует примерно $1/3$ капилляров.

Сухожилия мышцы, в которых обмен веществ несколько меньше, снабжаются сосудами беднее тела мышцы. В тех участках сухожилий, которые испытывают давление со стороны соседних образований (костные блоки, костно-фиброзные каналы), сосудистое русло претерпевает перестройку и наряду с местами концентрации сосудов встречаются без сосудистые зоны.

Вспомогательный аппарат мышц. К вспомогательному аппарату мышц относятся фасции, фиброзные и костно-фиброзные каналы, удерживатели, синовиальные сумки и влагалища, а также сесамовидные кости. Фасции покрывают как отдельные мышцы, так и группы мышц. Межмышечные перегородки отходят от фасций вглубь, отделяя друг от

друга группы мышц, и прикрепляются к костям, образуя для них футляры, называемые фиброзными каналами. Если мышцы лежат между фасцией и костью, то канал называется костно-фиброзным.

Удерживатели — лентообразные утолщения фасций, располагаясь поперечно над сухожилиями мышц, подобно ремням фиксируют их к костям.

Синовиальные сумки, тонкостенные соединительнотканые мешочки, заполненные жидкостью, похожей на синовию, и расположенные под мышцами, между мышцами и сухожилиями или костью, уменьшают трение. Синовиальные влагалища развиваются в тех местах, где сухожилия прилегают к кости (т. е. в костно-фиброзных каналах). Это замкнутые образования, в виде муфты или цилиндра охватывающие сухожилие. Каждое синовиальное влагалище состоит из двух листков. Один листок, внутренний, охватывает сухожилие, а второй, наружный, выстилает стенку фиброзного канала. Между листками находится небольшая щель, заполненная синовиальной жидкостью, облегчающей скольжение сухожилия.

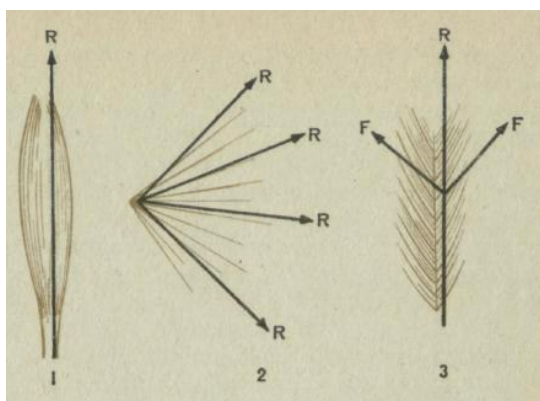


рис. 1.

Направление равнодействующей силы мышцы в зависимости от направления волокон:

1 — веретенообразная форма мышц; 2 — веерообразная форма; 3 — перистая форма.

Сесамовидные кости развиваются в толще сухожилий, ближе к месту их прикрепления. Они изменяют угол подхода мышцы к кости и увеличивают плечо силы мышцы. Самой крупной сесамовидной костью является надколенник.

Вспомогательные аппараты мышц образуют дополнительную опору для мышц — мягкий скелет, обуславливают направление тяги мышц, способствуют их изолированному сокращению, не дают смещаться при сокращении, увеличивают их силу и способствуют кровообращению и лимфотоку.

Классификация мышц. В основу классификации мышц положен функциональный принцип, так как величина, форма, направление мышечных волокон, положение мышцы зависят от выполняемой ею функции и совершаемой работы (рис. -1).

По форме мышцы делятся на длинные, короткие, широкие. В длинных мышцах продольный размер превалирует над поперечным. Они всегда сокращаются целиком, имеют незначительную площадь прикрепления к костям, расположены в основном на конечностях и обеспечивают значительную амплитуду их движений.

У коротких мышц продольный размер лишь немного больше поперечного. Они встречаются на тех участках тела, где размах движений невелик (например, между отдельными позвонками, между затылочной костью, атлантом и осевым позвонком).

Широкие мышцы находятся преимущественно в области туловища и поясов конечностей. Эти мышцы имеют пучки мышечных волокон, идущих в разных направлениях, сокращаются как целиком, так и своими отдельными частями; у них значительная площадь прикрепления к костям. В отличие от других мышц они обладают не только двигательной функцией, но также опорной и защитной. Так, мышцы живота помимо участия в движениях туловища, актах дыхания, натуживания укрепляют стенку живота, способствуя удержанию внутренних органов.

Существенное значение для работы мышц имеет направление их волокон. По направлению волокон выделяют мышцы с параллельными волокнами, идущими вдоль брюшка мышцы (длинные, веретенообразные и лентовидные мышцы), с поперечными волокнами и с косыми волокнами. Если косые волокна присоединяются к сухожилию под углом к длине брюшка с одной стороны, то такие мышцы называются одноперистыми, если же с двух сторон двуперистыми. Одноперистые и двуперистые мышцы имеют короткие многочисленные волокна и при своем сокращении могут развивать значительную силу.

Мышцы, имеющие круговые волокна, располагаются вокруг отверстий и при своем сокращении суживают их (например, круговая мышца глаза, круговая мышца рта). Эти мышцы называются сжимателями или сфинктерами. Иногда мышцы имеют веерообразный ход волокон. Чаще это широкие мышцы, располагающиеся в области шаровидных суставов и обеспечивающие разнообразие движений.

Мышцы скелета имеют различную сложность устройства. Мышцы с одним брюшком и двумя сухожилиями — это простые мышцы. Сложные мышцы в отличие от них имеют не одно, а два, три или четыре брюшка, называемые головками, и несколько сухожилий. В одних случаях эти головки начинаются проксимальными сухожилиями от разных костных точек, а затем сливаются в брюшко, которое прикрепляется одним дистальным сухожилием. В других случаях мышцы начинаются одним проксимальным сухожилием, а брюшко заканчивается несколькими дистальными сухожилиями, прикрепляющимися к разным костям.

Встречаются мышцы, где брюшко разделено одним промежуточным сухожилием или несколькими сухожильными перемычками.

По положению в теле человека мышцы делятся на поверхностные, глубокие, наружные, внутренние, медиальные и латеральные.

Выполняя многочисленные функции, мышцы работают согласованно, образуя функциональные рабочие группы. Мышцы включаются в функциональные группы по направлению движения в суставе, по направлению движения части тела, по изменению объема полости и по изменению размера отверстия. При движениях конечностей и их звеньев выделяют функциональные группы мышц — сгибающие, разгибающие, отводящие, приводящие, пронирующие и супинирующие. При движении туловища различают функциональные группы мышц — сгибающие и разгибающие, наклоняющие вправо или влево, скручивающие вправо или влево. По отношению к движению отдельных частей тела выделяют функциональные группы мышц, поднимающие и опускающие, осуществляющие движение вперед и назад; по изменению объема полости — функциональные группы, увеличивающие, например, внутригрудное или внутрибрюшное давление или уменьшающие его; по изменению размера отверстия — суживающие и расширяющие его.

В процессе эволюции функциональные группы мышц развивались парами: сгибающая группа формировалась совместно с разгибающей, пронирующая — совместно с супинирующей и т. п. Это наглядно выявляется на примерах развития суставов. Оказывается, что каждая ось вращения в суставе, выражая его форму, имеет свою функциональную пару мышц. Такие пары состоят, как правило, из противоположных по функции групп мышц. Так, одноосные суставы имеют одну пару мышц, двуосные — две пары, а трехосные — три пары или соответственно две, четыре, шесть функциональных групп мышц.

Синергизм и антагонизм в действиях мышц. Мышцы, входящие в функциональную группу, характеризуются тем, что проявляют одинаковую двигательную функцию. В частности, все они или притягивают кости — укорачиваются, или отпускают — удлиняются, или же проявляют относительную стабильность напряжения, размеров и формы.

Мышцы, совместно действующие в одной функциональной группе, называются синергистами. Синергизм проявляется не только при движениях, но и при фиксации частей тела и их отпускании. Мышцы противоположных по действию функциональных групп мышц называются антагонистами. Так, мышцы-сгибатели будут антагонистами мышц-разгибателей, пронаторы — антагонистами супинаторов и т. п. Однако истинного антагонизма между ними нет. Он проявляется лишь в отношении определенного движения или определенной оси вращения.

Следует отметить, что при движениях, в которых участвует одна мышца, синергизма может не быть. Вместе с тем антагонизм имеет место всегда, и только согласованная работа мышц-синергистов и мышц-антагонистов обеспечивает плавность движений и предотвращает травмы. Фиксация частей тела достигается лишь путем синергизма всех мышц, окружающих

тот или иной сустав. По отношению к суставам различают мышцы одно-, двух- и многосуставные. Односуставные мышцы фиксируются к соседним костям скелета и переходят через один сустав, а многосуставные мышцы переходят через два и более суставов, производят движения в них. **Двигательная функция мышц.** Поскольку каждая мышца фиксируется преимущественно к костям, то внешне двигательная функция ее выражается в том, что она либо притягивает кости, либо удерживает, либо отпускает их.

Мышца притягивает кости, когда она активно сокращается, брюшко ее укорачивается, места прикреплений сближаются, расстояние между костями и угол в суставе уменьшаются в сторону тяги мышцы.

Удержание костей происходит при относительно постоянном напряжении мышцы, почти незаметном изменении ее длины.

Если движение осуществляется при эффективном действии внешних сил, например силы тяжести, то мышца удлинняется до определенного предела и отпускает кости; они отдаляются друг от друга, причем движение их происходит в обратном направлении по сравнению с тем, которое имело место при притягивании костей.

Для понимания функции скелетной мышцы необходимо знать:

1. с какими костями связана мышца,
2. через какие суставы она переходит,
3. какие оси вращения пересекает,
4. с какой стороны пересекает ось вращения,
5. при какой опоре действует мышца и где наиболее подвижное место приложения ее усилия.

Схема статических и динамических состояний мышц

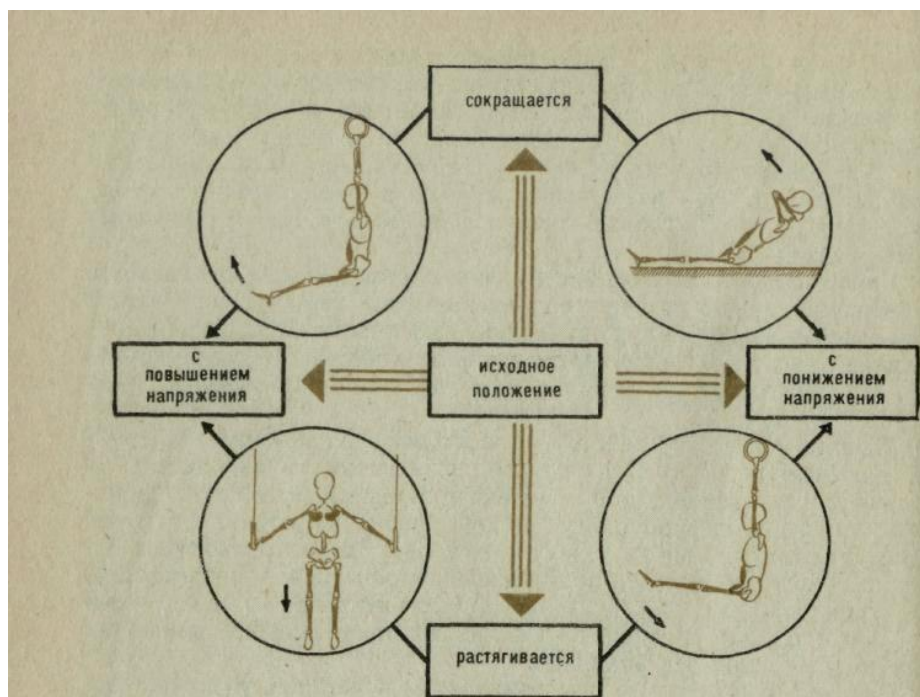


Рис. 2.

Морфо-функциональное состояние мышц. Как при статических положениях тела (относительно неподвижных, фиксированных позах), так и при движениях мышца может быть в различных состояниях. При статических положениях мышцы могут быть в следующих состояниях: исходном расслабленном, исходном напряженном, укороченном расслабленном, укороченном напряженном и удлинённом напряженном. При движении мышца постоянно меняет свои размеры, форму, напряжение, тягу и пр. При этом, когда она непрерывно укорачивается с напряжением, говорят, что она «сокращается», а когда непрерывно удлиняется, говорят «растягивается» (неверно говорить «расслабляется»). Варианты статических и динамических состояний мышц показаны на рис. 2.

Так, при переходе из положения лежа в положение сидя мышцы живота сокращаются с понижающимся напряжением, а при переходе из положения сидя в положение лежа — растягиваются с нарастающим напряжением. Примером растягивания мышц с уменьшающимся напряжением может быть состояние мышц передней поверхности тазобедренного сустава при опускании ног из угла в висе в вис.

Укорочение и удлинение мышцы фактически связано с изменением длины ее брюшка. Наибольшее укорочение мышцы может произойти на $1/3 - 1/2$ длины брюшка мышцы, что обеспечивает движение по той амплитуде, которая допустима в суставе. Этому способствует то, что большинство мышц прикрепляется вблизи суставов. Такие мышцы могут сместить кость в суставе на больший угол, чем те, которые прикрепляются далеко, так как из-за недостаточности укорочения (активная недостаточность) мышца может «не дотянуть» кость и перестать участвовать в своей функциональной группе. Недостаточность укорочения характерна для многосуставных мышц, которые не могут обеспечить движение в суставах соответственно их суммарной амплитуде. Недостаточность укорочения многосуставных мышц компенсируется тягой односуставных мышц-синергистов.

При удлинении односуставные мышцы обычно растягиваются настолько, что не препятствуют движению кости. Недостаточность же растягивания (пассивная недостаточность) многосуставных мышц может ограничить движение в соответствующих суставах. Посредством специальных упражнений можно несколько уменьшить как недостаточность укорочения, так и недостаточность растяжения мышц.

Тонус мышц. В организме каждая скелетная мышца всегда находится в состоянии определенного напряжения, готовности к действию. Минимальное произвольное рефлекторное напряжение мышцы называется тонусом мышцы. Тонус мышц различен у детей и взрослых, у мужчин и женщин, у лиц, занимающихся и не занимающихся физическим трудом. Физические упражнения повышают тонус мышц, влияют на тот своеобразный фон, с которого начинается действие скелетной мышцы. У детей тонус мышц меньше, чем у взрослых, у женщин меньше, чем у мужчин, у не занимающихся спортом меньше, чем у спортсменов. Направление тяги мышцы, приводящей в движение ту или иную часть тела, определяется

равнодействующей сил, которая в длинных, широких и веерообразных мышцах проходит по линии, соединяющей середину места начала мышцы с серединой места прикрепления.

В зависимости от направления мышечных пучков равнодействующую силу мышцы можно разложить по правилу параллелограмма сил на составляющие (рис. 3).

Если тяга отдельных пучков в мышце имеет параллельное направление, то величина силы тяги всей мышцы будет равна сумме сил тяги всех ее пучков (равнодействующая сила определяется по правилу сложения параллельных сил, направленных в одну сторону). Если же тяга пучков мышцы развивается под разными углами, равнодействующая сила определяется по правилу параллелограмма сил.

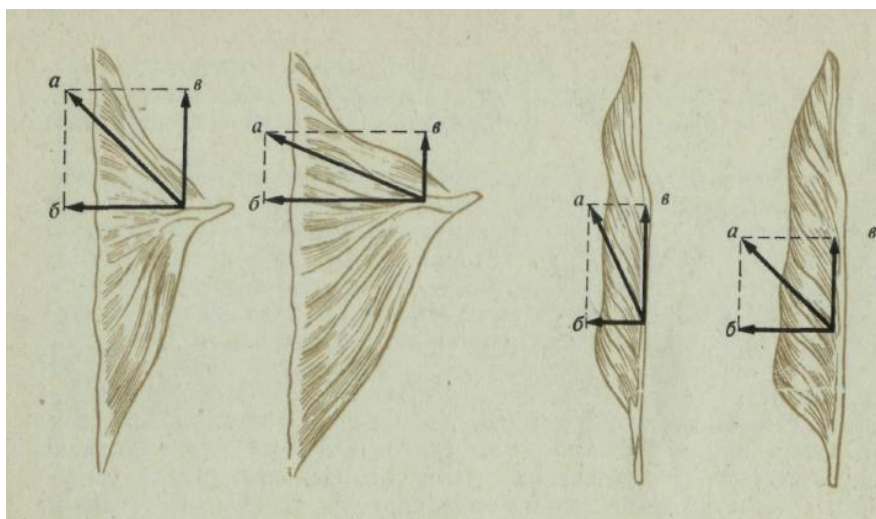


Рис. 3.

Разложение равнодействующей силы мышц на составляющие:

a — равнодействующая сила мышцы, *б* — горизонтальная составляющая, *в* — вертикальная составляющая

В тех случаях, когда мышцы не имеют прямого хода и своим сухожилием огибают кости, связки и пр., возникают дополнительные направления тяги: от места прикрепления мышцы — к точке опоры у места изгиба и от последней точки — к месту начала мышцы.

Направление тяги функциональной группы мышц устанавливается по тем же правилам, что и направление тяги отдельной мышцы.

Правильная ориентация в направлении тяги отдельных мышц и функциональной группы мышц, в отношении равнодействующей силы к осям вращения суставов способствует определению действия силы мышц и анализу участия их в движениях.

Силовая характеристика мышцы. Проявление силы мышцы в движениях или в укреплении звеньев тела при тех или иных позах зависит от ряда условий: анатомических, механических, физиологических, психических. Анатомические условия определяются структурными особенностями, количеством и направлением мышечных волокон. Чем больше в мышце мышечных волокон, тем больше ее сила. Некоторое представление о силовых возможностях мышцы может дать площадь силового поперечника мышцы — суммарная площадь поперечного сечения всех мышечных волокон. В мышцах с параллельным направлением волокон она совпадает с площадью анатомического поперечника (площадь сечения мышцы, произведенного перпендикулярно ее длине), в перистых — больше, чем площадь анатомического поперечника, что указывает на их большую силу. Установлено, что мышца с площадью силового поперечника 1 см^2 может проявить силу тяги равную 8—10 кг. Из механических факторов на проявление силы мышц оказывают влияние величина площади прикрепления мышцы к кости и угол, под которым мышца к ней подходит. Чем больше площадь прикрепления мышцы и чем больше угол, под которым мышца действует на кость, тем лучшие условия для проявления силы. Если мышца подходит к кости под прямым углом, то почти вся сила мышцы идет на обеспечение движения; если под острым, то лишь часть силы мышцы используется как полезная, другая часть идет на сдавливание рычага, сжатие его и т. п. Не безразлично для проявления силы расположение прикрепления мышцы по отношению к точке движения. Чем дальше прикрепляется мышца от точки вращения, тем в большей мере она выигрывает в силе.

Из физиологических условий следует указать на степень возбуждения нервной системы. Чем большее число мотонейронов, а следовательно, и мышечных волокон возбуждается одновременно, тем суммарная сила больше. Чем чаще поступают импульсы в мышцу, тем также сила больше. Имеет значение и плечо силы — величина перпендикуляра от точки опоры в суставе до направления равнодействующей силы мышцы. Произведение силы мышцы на плечо, под которым она действует, называется моментом силы. Чем больше плечо силы, тем больше момент силы и, следовательно, эффект ее действия. Увеличению плеча силы способствуют костные выступы, блоки, сесамовидные кости. Некоторое возбуждение нервной системы повышает проявление силы, угнетенное состояние — понижает.

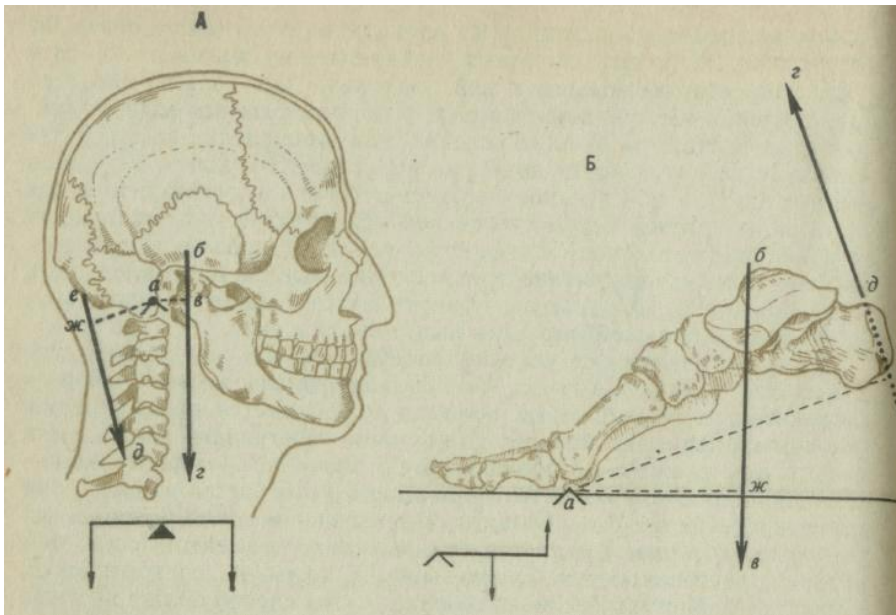
Силовая характеристика мышцы зависит и от состояния, с которого начинается ее тяга, так как в мышце при напряжении проявляются упругие силы, возникающие вследствие деформации коллагеновых и эластических волокон (особенно эти силы проявляются при глотании). Поэтому целесообразно начинать сокращение мышцы после предварительного некоторого ее растяжения.

Рычаги двигательного аппарата. Структура двигательного аппарата, позволяющая совершать движения частей тела, может быть уподоблена простым механизмам — рычагам. Каждый рычаг, как известно, имеет

четыре компонента: твердое, тело, точку опоры и две силы, приложенные к твердому телу.

Тело человека имеет свои живые рычаги, в которых твердым телом оказывается кость, точкой опоры кости служит контактная суставная поверхность со своей осью вращения, на кость действуют силы сопротивления (например, сила тяжести части тела, вес спортивного снаряда, сила действия партнера и т. п.) и сила тяги мышц.

В зависимости от взаиморасположения этих компонентов различают три вида рычагов (рис. 4). В первом точка опоры находится между точками приложения противоположно действующих сил. Во втором и третьем обе силы приложены по отношению к опорной точке на одной стороне твердого тела — кости. Но во втором виде рычагов мышечная сила приложена ближе к опорной точке, чем сила тяжести. Подобные рычаги двигательного аппарата создают выигрышные условия для развития скорости. Это обстоятельство позволило в анатомии дать им условное название «рычага скорости». В третьем виде рычагов точка приложения силы мышцы оказывается дальше точки приложения силы тяжести. Такое соотношение компонентов рычага дало основание к его условному названию — «рычаг силы».



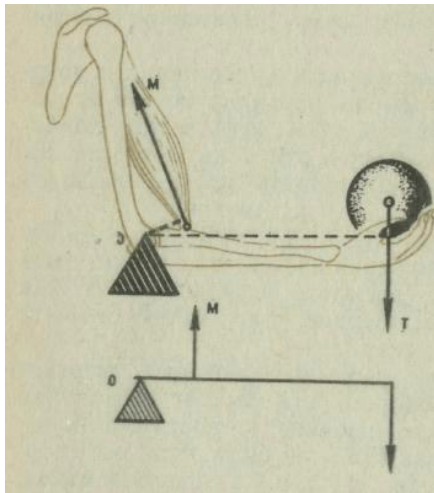


Рис. 4.

А — голова как рычаг первого рода: *a* — поперечная ось атланта-затылочного сочленения, *бг* — направление силы тяжести головы, *ед* — направление силы мышечной тяги, *ав* — плечо силы тяжести, *аж* — плечо силы мышечной тяги

Б — стопа как рычаг второго рода: *a* — точка опоры, *б* — точка приложения силы мышечной тяги, *бв* — направление силы тяжести, *дг* — направление равнодействующей силы мышечной тяги, *ае* — плечо силы мышечной тяги, *аж* — плечо силы тяжести

В — предплечье как рычаг третьего рода: *O* — ось вращения, *M* — направление мышечной тяги, *T* — направление силы тяжести. Пунктирными линиями показаны плечи силы мышечной тяги и силы тяжести.

В любом из этих трех видов рычагов движение или равновесие обусловлено соотношением моментов действующих сил: момента силы мышцы и момента, например силы тяжести. Момент силы тяжести представляет собой произведение силы тяжести на плечо этой же силы.

Работа мышц. Работа мышц внешне выражается либо в фиксации части тела, либо в движении. В первом случае говорят о так называемой статической работе, а во втором — о динамической работе.

Статическая работа мышц есть следствие равенства моментов сил и называется еще удерживающей работой. При такой работе форма мышцы, ее размеры, возбуждение и напряжение относительно постоянны.

Динамическая работа мышц сопровождается движением и есть следствие разности моментов сил. В зависимости от того, какой момент окажется большим, различают два вида динамической работы мышц: преодолевающую и уступающую. Превалирование момента силы мышцы или группы мышц приводит к преодолевающей работе, а уменьшение момента силы мышцы — к уступающей работе. Различают еще баллистическую работу мышц, которая является разновидностью преодолевающей работы: мышца совершает быстрое сокращение и последующее расслабление, после которого костное звено продолжает движение по инерции.

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Движение — функция, свойственная всем живым существам, является одним из наиболее сложных биологических процессов, осуществляемых при участии всех систем организма. Занятия спортом по праву можно расценивать как одну из самых совершенных форм двигательной активности, непосредственным исполнителем которой является скелетная мускулатура.

Изменение функции скелетных мышц неуклонно сопровождается их структурной перестройкой, достаточно разнообразной по своему характеру и зависящей от того, какие качества вырабатываются в двигательном аппарате (ловкость, сила, выносливость или их сочетание).

Следует отметить, что изучение характера и динамики структурных изменений скелетных мышц под влиянием многократно повторяющейся физической нагрузки представляет немалые трудности. В этой связи большая часть сведений, касающихся макро-, микро- и электронномикроскопических изменений скелетных мышц, основана на материалах экспериментов на животных, подкрепленных сравнительно немногочисленными анатомическими наблюдениями над людьми.

Морфологические изменения скелетных мышц различаются в зависимости от характера нагрузки (динамическая или статическая), а также от ее интенсивности (гипо- или гиперкинезия). В одних случаях изменения охватывают всю скелетную мускулатуру, в других — могут локализоваться в какой-то определенной, наиболее нагруженной группе мышц. Изменения брюшка мышц, как правило, сочетаются с изменениями их сухожилий и вспомогательного аппарата.

Все они направлены на специализированное улучшение их к статическим нагрузкам оказалась меньшей, чем у животных, содержащихся на растительной диете и имевших заметно меньший объем мышц.

Все мышцы, несмотря на крайнее разнообразие их функции и формы, обусловленной количеством и расположением мышечных волокон (веерообразные, одно- или двуперистые и т. д.), состоят: 1) из брюшка, образованного скелетной мышечной тканью, и 2) сухожилий, или апоневрозов, представленных пучками коллагеновых (фиброзных) волокон, образующих головку и хвост мышцы, за счет которых она прикрепляется к костям.

Между мышечными волокнами, образующими брюшко мышцы, залегают прослойки рыхлой соединительной ткани (эндомизиум). Тонкая ее пластинка (перимизиум) покрывает мышцу снаружи. В рыхлой соединительной ткани залегают большое число кровеносных сосудов, делящихся на капилляры, оплетающие каждое мышечное волокно. Общая протяженность капилляров скелетной мышцы составляет около 10 тыс. км. В эндо- и перимизиуме и в сухожилиях скелетных мышц располагается множество чувствительных нервных окончаний (проприорецепторов), называемых мышечными веретенами, которые передают афферентные импульсы из мышц по чувствительным нервам в задние канатики спинного мозга и дальше, в головной мозг. Двигательные (эфферентные) импульсы из центральной нервной системы достигают скелетных мышц по двигательным нервам. Тела двигательных нервных клеток лежат в передних рогах спинного мозга, а окончания — двигательные, моторные бляшки проникают в само мышечное волокно. Последнее считается основной структурной единицей скелетной мышцы и имеет форму вытянутого цилиндра или многоугольной призмы с закругленными или заостренными концами. Оболочка мышечного волокна — **сарколемма** представлена двумя тесно сросшимися между собой листками — наружным, соединительно-тканым, содержащим эластические волокна и интимно связанным с эндомизиумом, и внутренним, близким по своему составу к жидкости, заполняющей сарколемму, — **саркоплазме**. В состав последней входит вода, различные соли, жиры и специальный пигмент — миоглобин. Под сарколеммой в саркоплазме лежат многочисленные овальной формы ядра и целый ряд субмикроскопических образований, свойственных любой живой клетке и обеспечивающих ее жизнедеятельность. Среди них должны быть упомянуты митохондрии, ответственные за энергетические ресурсы клетки, и саркоплазматический ретикулум. Специфическими сократительными образованиями мышечных волокон являются длинные нити, миофибриллы, проходящие с одного конца мышечного волокна до другого. Они очень тонки и отделены друг от друга прослойками саркоплазмы. Строение миофибрилл по длине не однородно — участки, хорошо пропускающие световые лучи, перемежаются с задерживающими их, что придает скелетной миофибрилле, а вместе с ней и мышечному волокну, характерную поперечную исчерченность. П. Ф. Лесгафт установил, что количество миофибрилл в мышечных волокнах различно: в одних их очень много — такие мышечные волокна называются белыми, они могут очень сильно сокращаться, но быстро устают; в других преобладает саркоплазма и они называются красными. Сократительные их

возможности сравнительно малы, зато и признаки утомления в них появляются позже. Предполагается, что движение начинают белые волокна, а красные сохраняют определенное положение.

Изучение миофибрилл в электронном микроскопе позволило установить, что сами они состоят из тонких нитей (миофиламентов) различной толщины, которые образованы молекулами сократительных белков — миозина, образующего толстые короткие нити, лежащие в области темных дисков и актина. Его тонкие нити распространяются на светлые и темные диски, за исключением узкой полоски H в последних. Светлые, актиновые диски в свою очередь разделены посередине тонкой поперечной мембраной Z, соединяющей миофибриллы между собой и с сарколеммой. Мембраны Z делят миофибриллу на ряд отрезков — саркомеров, сокращающихся самостоятельно друг за другом.

Сарколемме и всем оболочкам (мембранам) органоидов мышечного волокна принадлежит чрезвычайно важная роль в процессе мышечного сокращения, ибо именно на них осуществляется передача нервного импульса и изменение ионного равновесия K^+ , Na^+ , Cl^- внутри и вне клетки.

В этом процессе как раз мембрана Z является местом, через которое нервный импульс проникает внутрь миофибриллы, способствуя выделению саркоплазматическим ретикулом Ca^{++} . Его ионы активизируют фермент в темных дисках, приводя в движение актиновые нити и вызывая волну сокращений саркомеров миофибриллы и всего мышечного волокна. Основным свойством скелетной мышцы является способность к сокращению, укорочению и сближению костных точек, к которым мышца прикреплена. Сила, с которой мышца может осуществить это сближение, называется подъемной силой мышцы. Величина ее зависит от физиологического поперечника мышцы, площади опоры и длины костного рычага. Чем дальше от места опоры прикреплена мышца, тем больше плечо рычага и больше сила мышцы.

Сила группы мышц определяется так называемым параллелограммом сил. Он складывается из силы мышц и сопротивления кости, сочлененной с той, на которую действует данная мышца. Сила мышц-синергистов — складывается, антагонистов — вычитается.

Степень участия мышцы в том или другом движении зависит: 1) от ее подъемной силы и 2) от плеча силы. Произведение этих двух величин называется **вращательным моментом силы мышц, или моментом силы.**

Сила мышц — величина непостоянная. Она зависит от пола и возраста; установлено, что до 4—5 лет показатели силы различных мышечных групп мало различаются. В дальнейшем они увеличиваются не одинаково — больше всего возрастает сила мышц разгибателей позвоночника и бедра, а также сила разгибателей голени. Формирование относительной величины силы различных мышечных групп устанавливается к 6—7 годам. Максимальных величин сила мышц достигает к 20 годам, сохраняясь на достаточно высоком уровне до 40—50 лет, а затем постепенно идет на убыль.

Картина соотносительной величины силы различных мышечных групп получила название «**топографии мышечной силы**».

Регулярные тренировки увеличивают силу мышц на 40—60% от исходной. Специалисты считают, что специально подобранными упражнениями можно добиться увеличения силы мышц втрое. Нерегулярная тренировка со снижением нагрузки на 15—40% от максимальной уже через 2—3 месяца ведет к снижению силы мышц на 5—7%.

Увеличение силы мышц у спортсменов различных специализаций имеет достаточно специфический характер и, как правило, касается больше всего определенных групп мышц. Так, у тяжелоатлетов наибольшим увеличением силы отличаются разгибатели плеча, туловища и бедра, в то время как у бегунов-спринтеров изменяется сила сгибателей и разгибателей бедра и сгибателей стопы.

Систематическое выполнение определенных физических упражнений способствует не только изменению функциональных возможностей мышц, но изменяет также их внешнюю форму и внутреннюю структуру. Одни из этих изменений легко обнаруживаются при внешнем осмотре на живом человеке, другие выявляются только при препаровке и других методах анатомических и микроскопических исследований.

Обычно у спортсменов, вырабатывающих быстроту, ловкость и тренирующихся в условиях гиперкинезии, внешний вид скелетных мышц изменяется сравнительно мало. Объем брюшка мышцы не увеличивается, происходит лишь его удлинение за счет укорочения сухожильных частей, что позволяет мышце интенсивнее сокращаться, обеспечивая тем самым скорость и быстроту.

Тренировка в статическом режиме, направленная на увеличение силы мышц, сопровождается увеличением объема, «рабочей гипертрофией». При этом диаметр брюшка увеличивается, в то время как длина его уменьшается за счет значительного удлинения при одновременном утолщении сухожилий. Площадь опоры мышцы на кости увеличивается, что в сочетании с увеличением физиологического поперечника обеспечивает значительный прирост силы. В этом плане представляет интерес уникальное наблюдение М. В. Лебедевой, изучившей состояние предплечий известного спортсмена Лустало, большую часть своей жизни занимавшегося фехтованием и скончавшегося в возрасте 70 лет.

Оказалось, что систематические упражнения правой верхней конечности, стимулировавшие двигательные центры и трофику соответствующих групп мышц, вызвали значительное увеличение их физиологических поперечников, утолщение сухожилий, развитие во многих из них дополнительных сесамовидных костей, утолщение и уплотнение фасциальных листков с образованием множественных сращений между фасциями и мышцами. Особенно измененными, очень короткими и толстыми, выглядели мышечные волокна длинного сгибателя большого пальца, что способствовало весьма существенному увеличению его физиологического поперечника. Брюшки и сухожилия мышц, выполнявших одинаковую работу (сгибатели пальцев),

нередко полностью или частично сливались между собой. Длинный лучевой разгибатель имел раздвоенное сухожилие, прикреплявшееся ко второй и третьей пястным костям, что увеличивало площадь опоры и силу этой мышцы. Соответствующие мышцы левого предплечья отличались хорошим развитием, но имели обычное анатомическое строение. Анатомическая перестройка мышц правого предплечья вела за собой известное снижение ловкости в работе отдельных пальцев, но давала выигрыш в силе, что отвечало функциональным потребностям.

Следует отметить, что изменения скелетной мускулатуры при статической работе зависят и от того, в каком состоянии при этом находится мышца. По наблюдениям Е. А. Котиковой, описанные выше изменения скелетных мышц развиваются в тех случаях, когда статика обеспечивается их сокращением. Различия внешнего вида скелетных мышц, выполняющих статическую или динамическую нагрузки, во многом обусловлены их микроскопическими изменениями; для изучения последних много сделано видными советскими гистологами А. А. Заварзиным, Н. Г. Хлопиным, А. А. Студитским, а в последние годы — анатомом З. П. Гудзем.

Многочисленные экспериментальные исследования показали, что положительная **динамическая нагрузка** (бег, плавание) в большинстве случаев не сопровождается выраженной гипертрофией скелетных мышц, размеры их волокон меняются мало. В них начинает отчетливо выявляться поперечная исчерченность, что обусловлено равномерным распределением миофибрилл в волокне; увеличения числа или объема миофибрилл не возникает — точно так же, как и увеличения числа его неспецифических ультраструктур (митохондрий, саркоплазматической сети). Можно полагать, что в условиях динамических нагрузок процесс внутриклеточной физиологической регенерации, обеспечивающий мышечному волокну повышение функциональных возможностей, происходит в основном за счет более интенсивного обновления всех внутриклеточных образований.

Прослойки рыхлой соединительной ткани между отдельными мышечными волокнами или их пучками (эндомизий) остаются тонкими, рыхлыми, как и соединительная ткань, покрывающая поверхность мышцы (перимизий). Существенно изменяется состояние кровоснабжения мышц: увеличивается диаметр основных сосудистых стволов, число артериальных и венозных анастомозов. Капиллярная сеть заметно сгущается, причем происходит не только раскрытие всех резервных капилляров, но и их новообразование. Работа в динамическом режиме способствует не только увеличению притока артериальной крови к работающим мышцам, но и интенсификации венозного оттока, обеспечивающего быстрое удаление конечных продуктов обмена и препятствующего развитию состояния утомления.

Статические нагрузки в значительной части случаев сопровождаются увеличением массы мышц. Несмотря на большое число исследований в этой области, вопрос о том, за счет чего происходит рабочая гипертрофия скелетной мышцы, все еще не может считаться до конца выясненным. А. А.

Заварзин, Н. Г. Хлопин и многие другие считают, что скелетная мышца взрослых людей и животных относится к числу высококодифференцированных образований, утративших способность к размножению. Гипертрофия скелетной мышцы, согласно их представлениям, связана только с увеличением объема отдельных мышечных волокон, в которых происходит гиперплазия и гипертрофия специфических и неспецифических ультраструктур. Другие исследователи, не отрицая увеличения объема мышечных волокон, утверждают, что этот процесс сочетается с ростом их числа, гиперплазией, которая обусловлена расщеплением гипертрофированных мышечных волокон. Окончательное решение этого вопроса требует дальнейшего накопления материала и его углубленной обработки.

В чем состоят изменения гипертрофированного мышечного волокна? Размеры его увеличиваются, саркоплазма грубеет, становится более контрастной. Величина миофибрилл и их число возрастают, что связано с расщеплением их по длиннику. Как правило, миофибриллы в волокне собираются в пучки, между ними лежат широкие прослойки саркоплазмы, в которых электронномикроскопическое исследование выявляет гипертонию и гиперплазию неспецифических элементов волокна — митохондрий и саркоплазматического ретикулума. Здесь же в саркоплазме обнаруживаются отдельные тонкие соединительно-тканые волокна, по всей вероятности, позволяющие осуществлять статические напряжения с меньшей затратой энергии. Ядра мышечных волокон увеличиваются, форма их становится более округлой. Прослойки эндо- и перемизиума грубеют и утолщаются, в них обнаруживаются пучки довольно толстых коллагеновых волокон и значительное число фибробластов с гиперхромными ядрами.

Сосудистая сеть мышц, выполняющих статические нагрузки, также усиливается — увеличивается диаметр основных стволов, сгущается сеть капилляров. Однако длительное сокращение мышц в статике затрудняет как приток артериальной крови, так и — особенно — отток венозной. В мышцах могут возникать застойные явления, а под влиянием кислородного голодания и отравления конечными продуктами обмена веществ развиваются различные изменения, ощущаемые как утомление и ограничивающие продолжительность статических напряжений.

Естественно, что в реальных условиях тренировки работа в динамическом и статическом режимах сочетается достаточно широко, в силу чего изменения скелетной мышцы спортсменов отличаются значительным разнообразием, отражающим связь сложных требований к функции двигательного аппарата с его структурной перестройкой.

В мышцах, систематически выполняющих повышенную работу, заметно увеличиваются энергетические ресурсы, причем восстановление их в тренированной мышце идет тем скорее, чем большей была нагрузка.

Структурная перестройка скелетных мышц развивается на фоне соответствующей перестройки ее иннервирующих приборов. По данным З. П. Гудзя, Н. М. Быкова и А. И. Герус, окончания двигательных (моторных)

нервов становятся толще, разветвленное. Количество конечных веточек на одно мышечное волокно постепенно увеличивается. Контакт нервных элементов с мышечными волокнами усиливается за счет образования новых двигательных бляшек.

Немалое практическое значение имеет для спортсменов вопрос о характере структурных изменений скелетных мышц при **утомлении** и возможностях обратного развития этих изменений.

И. М. Сеченов говорил: «...обычно утомления помещают в работающие мышцы, я же помещаю его в центральную нервную систему». Многочисленные исследования достаточно убедительно подтверждают это положение. Известно, что утомление клеток головного и спинного мозга, характерные изменения в области окончаний нервов (синапсов), как правило, возникают задолго до того, как исчерпываются все ресурсы скелетной мышцы. Однако в ряде случаев (чаще при недостаточной подготовленности или чрезмерной перегрузке мышечного волокна) морфологические изменения, обратимые или необратимые, могут возникать в самой скелетной мышце, касаясь частей отдельных волокон или захватывая обширные их группы.

Одним из наиболее ранних и легкообратимых изменений скелетных мышц является **базофилия**. В норме саркоплазма мышечного волокна имеет щелочную реакцию и красится кислыми красками в розовый цвет. Накопление в нем продуктов метаболизма изменяет химизм саркоплазмы, делает ее более кислой, в силу чего она временно приобретает сродство к основным краскам и начинает окрашиваться в синий цвет, становится базофильной.

Следующим по тяжести повреждением является **миогелез**, или **контрактурная дистрофия**. При этом части или целые мышечные волокна в результате сближения миозиновых дисков утрачивают поперечную исчерченность, становятся гомогенными. В основе этого процесса лежит нарушение кальциевого насоса и накопление ионов Ca^{++} внутри клетки. При значительных напряжениях контрактурная дистрофия захватывает большое число мышечных волокон и ощущается как судороги. Эти изменения также имеют обратимый характер и во многом зависят от состояния кровообращения в мышце. Отмечено, что в тренированных мышцах обратное развитие контрактурных дистрофий происходит быстрее и совершеннее.

Наиболее тяжелым видом поражения скелетных мышц является их омертвление, приводящее к распаду внутренних структур волокна, а затем, при значительном распространении процесса, и к его гибели. Под микроскопом омертвевшее мышечное волокно на первых этапах представляется заполненными дисками или глыбками разных размеров и неправильной формы. На месте погибших волокон развивается рубцовая ткань — миофиброз, который при значительном распространении может существенно повлиять на функциональные возможности мышцы.

Следует отметить, что даже в далеко зашедших случаях повреждения скелетных мышц имеют мозаичный характер: наряду с больше или меньше

поврежденными волокнами, встречаются совершенно неизменные. Объясняется это особенностями иннервации скелетных мышц: известно, что каждое нервное волокно иннервирует то или другое число мышечных волокон, образуя двигательные (моторные) единицы. Состав этих единиц различен и зависит от функциональной нагрузки мышцы. Так, в прямой мышце глаза на каждое нервное волокно приходится 4—5 мышечных; в мышцах кисти — 10—20; в камбаловидной, движения которой не отличаются большим разнообразием, — до 500 мышечных волокон. Работа этих единиц чередуется, однако это чередование не всегда высоко совершенно и среди двигательных единиц есть более и менее нагруженные, чем, вероятно, и объясняется неоднородность изменений мышечных волокон даже в условиях крайнего их напряжения.

Если усиленная работа (статическая и динамическая) сопровождается обычно прогрессивными изменениями, то бездеятельность (гипокинезия) вызывает всегда регрессивные поражения. Этот процесс может касаться отдельных групп мышц (помещение конечности в гипсовую повязку) или всего тела (длительное пребывание на подводной лодке или космическом корабле при ограничении подвижности).

Независимо от причин гиподинамии в скелетных мышцах развиваются изменения, получившие название атрофии от бездействия. Объем мышц при этом уменьшается, тонус падает, мышцы становятся дряблыми; кровоснабжение ухудшается и нормальный мясо-красный цвет мышцы сменяется на желтовато-серый. В далеко зашедших случаях атрофии микроскопическое исследование обнаруживает истончение мышечных волокон при сохранении в них поперечной исчерченности (последняя исчезает лишь при очень тяжелых формах атрофии). В саркоплазме видны отложения бурого пигмента липофусцина (пигмент старения). Постепенно от мышечных волокон остаются истонченные трубки сарколеммы, лишённые миофибрилл и заполненные усиленно размножающимися ядрами. Природа последнего явления не до конца изучена: одни авторы считают размножение ядер признаком восстановления клетки, другие полагают, что уменьшение объема сократительной субстанции в волокне создает лучшие условия для питания и роста ядер, не гарантируя его восстановления.

Электронномикроскопические исследования показывают, что скелетная мышца чрезвычайно чувствительна к гипокинезии. Перестройка мышечного волокна обнаруживается уже в первые сутки: начинается расщепление и разрывы миофибрилл, отек и разрушение митохондрий. Следует отметить, что атрофия от бездействия, как и гипертрофия и повреждения мышечных волокон на фоне утомления, никогда не бывает диффузной, что лишний раз подчеркивает неодинаковую функциональную значимость двигательных единиц.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что различная по характеру и интенсивности работа скелетных мышц вызывает в них структурные изменения разного характера. Если мышца находится в состоянии гипокинезии и функция ее снижена, — возникают повреждения, обратное

развитие которых часто представляет значительные трудности. Гиперкинезия, усиленная работа в динамическом или статическом режиме, способствует адаптационно-функциональной перестройке всех элементов скелетной мышцы. Изменения эти направлены на улучшение определенных функций аппарата движения. Лишь в отдельных случаях, при недостаточной тренированности или крайних степенях напряжения, в скелетной мышце возникают регрессивные, в большинстве своем обратимые изменения.

МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ТЕЛА И ЕГО ЧАСТЕЙ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНЫХ СПЕЦИАЛИЗАЦИЙ И УРОВНЯ МАСТЕРСТВА

Адаптация к повышенной физической нагрузке касается разных уровней всех систем организма спортсмена. В предыдущем разделе представлены сведения о субклеточных, клеточных и органных изменениях скелетных мышц, развивающихся в процессе адаптации к физической нагрузке различного характера и интенсивности. В настоящем разделе рассматриваются адаптационные изменения всего опорно-двигательного аппарата.

Хорошо известно, что особенности строения тела и его частей если не определяют, то во многом способствуют достижению высоких результатов в спорте. Сведения о строении тела спортсменов позволяют расширять и углубить не только теоретические представления о взаимоотношениях формы и функции, но и обосновать отбор детей в ДЮСШ разной специальности, установить режим оптимальных нагрузок и правильное построение тренировочного цикла в целях «конструирования» идеального спортсмена той или другой специализации.

Значительный интерес в этом плане представляет изучение динамики состава компонентов тела и установление соотношений между «активной» мышечной массой и «инертной» — жировой.

Считается, что у взрослых мужчин на долю мышечной ткани приходится примерно 43% веса, жировая составляет около 12%, а костная—18%. У спортсменов различных специализаций эти соотношения могут существенно отличаться. Наиболее тесно с весом тела связана абсолютная масса костной ткани, тогда как соотношения массы мускульной и жировой тканей существенно колеблются.

Как правило, все спортсмены отличаются хорошим развитием мышечной ткани, однако для представителей ряда спортивных специализаций она сочетается со значительным накоплением жира. Наиболее отчетливо эта связь выявляется у тяжелоатлетов тяжелых весовых категорий, а нередко и у пловцов.

Наиболее распространенным методом прижизненного определения компонентов веса тела является аналитический, предложенный Матейкой, используемый обычно с поправкой коэффициентов по П. Н. Башкирову.

Состав тела зависит от многих факторов, прежде всего от наследственности, что лишний раз подтвердили весьма интересные наблюдения над одно- и двуяйцевыми близнецами, подчеркнувшие важность тщательного учета генетического фона при отборе детей в разные виды спорта. Состав тела обусловлен также социальными условиями, характером питания и степенью активности опорно-двигательного аппарата.

Динамика компонентов веса тела может быть достаточно объективным критерием эффективности тренировочного процесса. Так, Т. Ф. Федорова, наблюдая в течение года за студентами институтов физической культуры и медицинского института, отметила, что недостаточная двигательная активность последних вызывала увеличение веса тела за счет жирового компонента, причем ряд функциональных показателей и ЖЕЛ уменьшались, в то время как студенты физкультурного института повышали вес тела за счет массы мышечной ткани и обнаруживали более высокие уровни ЖЕЛ.

А. З. Пилиповский и А. Т. Покрашев, Л. П. Райцина и В. И. Колосов исследовали динамику веса компонентов тела лыжников и хоккеистов в процессе различного типа тренировочных занятий. Ими установлено, что лучших результатов достигали те спортсмены, которые в процессе тренировок увеличивали массу скелетной мускулатуры в среднем на 3,47% при снижении примерно на такую же величину жирового компонента.

Показательны материалы А. З. Пилиповского, проследившего за составом тела тяжелоатлетов после отмены жима и соответственного изменения режима тренировок.

Оказалось, что за последние 3 года жировой компонент, особенно у спортсменов тяжелых весовых категорий, снизился на 1—3%, причем произошло известное перераспределение массы мышечной ткани: периметр плеча уменьшился в среднем на 1,5—2 см, а бедра возрос на 2,5—3 см.

Последние наблюдения указывают, что существенное значение имеют не только абсолютные и относительные соотношения веса компонентов тела, но и характер их распределения. Так, согласно данным С. И. Ляссотович и В. С. Гориневской, Т. Н. Герасимова, А. А. Гладышевой, у боксеров мышечная ткань наибольшего развития достигает на груди, верхних конечностях и голени, у гимнастов — в области пояса верхних конечностей, у фигуристов и конькобежцев — пояса нижних конечностей; для гребцов характерно равномерное развитие мышц всех областей тела, причем эта равномерность с ростом мастерства выявляется все отчетливее. Данные А. Ф. Никитина и А. А. Гладышевой относительно особенностей развития мышц голени показывают: у лиц, вырабатывающих быстроту и ловкость указанного отдела нижней конечности, мышечная масса локализуется главным образом в проксимальном отделе голени, что обусловлено хорошим развитием икроножных мышц. У представителей

силовых видов спорта масса мышечной ткани на голени распределялась равномерно по всей длине звена, что связано с большим развитием камбаловидной мышцы по сравнению с икроножной. Такая же неравномерность касается распределения жировой ткани: у лыжников она больше развита на плечах, груди и животе и меньше — на спине, что усиливает теплоотдачу. У пловцов прослойка подкожного жира значительной толщины достигает на груди и задней поверхности плеча, улучшая обтекаемость тела.

Уже этот короткий перечень показывает, что занятия спортом существенно влияют на состав компонентов тела, касаясь не только соотношения их в теле, но и распределения в различных его частях.

Наблюдения за динамикой состава тела отражают состояние обменных процессов в организме и, как уже отмечалось, могут быть объективным критерием подготовленности спортсмена.

Соотношения компонентов веса тела определяют его плотность — удельный вес. Изучение динамики последнего, несмотря на всю сложность его определения, имеет немалое практическое значение, так как показатели удельного веса достаточно объективно отражают метаболические процессы в организме, количество циркулирующей крови, интенсивность окислительных процессов.

Наименьшим удельным весом среди спортсменов отличаются пловцы ($1,0281 \pm 0,0023$), наибольшим — штангисты средних весовых категорий ($1,0474 \pm 0,0030$). Связано это с большой длиной тела, значительным обхватом бедер, богатыми отложениями подкожного жира и большей жизненной емкостью легких у пловцов, в то время как штангисты разбираемой группы отличаются небольшой длиной тела и обхвата бедра, сильной мускулатурой и небольшой жизненной емкостью легких. Увеличение удельного веса тела при различных колебаниях его веса является неопровержимым свидетельством прироста массы мышечной ткани при снижении жирового компонента.

Немалая роль в оценке структуры тела, а вместе с тем и качества спортсмена, принадлежит определению абсолютной его поверхности. Наиболее доступным и простым можно считать вычисление его по методу Изаксона.

Рассмотрение средних арифметических величин поверхности тела показывает, что она отличается большой изменчивостью: от $1,65 \text{ м}^2$ до $2,14 \text{ м}^2$.

Наименьшей поверхностью тела отличаются борцы и тяжелоатлеты тяжелого веса.

В большинстве случаев чем больше веса тела, особенно его мышечной массы, приходится на 1 м^2 поверхности тела, тем лучше подготовленным считается спортсмен. Такими соотношениями между поверхностью тела и мышечной массой отличаются борцы тяжелого веса; для штангистов же тяжелых весовых категорий характерно большее количество жировой ткани на единицу поверхности тела, при наименьшем—мышечной.

Ю. П. Сергеев обследуя бегунов-марафонцев, пришел к выводу, что результаты в беге увеличиваются в тех случаях, когда абсолютная поверхность тела возрастает за счет длины тела при постоянном его весе. Осведомленность об этих соотношениях должна учитываться при отборе в этот вид спорта.

В современных условиях систематические занятия спортом, чаще всего начинающиеся в детском или подростковом возрасте, не могут не влиять на строение, форму, размеры и степень подвижности тела и отдельных частей, прежде всего — **туловища**, изучение которого должно начинаться с оценки изменений позвоночного столба.

Позвоночный столб — очень гибкая, S-образная биологическая рессора человеческого тела, формирование изгибов которой начинается во внутриутробном периоде, развития. К концу первого года жизни все четыре саггитальных изгиба (шейный и поясничный лордозы, грудной и крестцовый кифозы) оказываются достаточно выраженными. В последующие годы у большинства людей формируется небольшой боковой (чаще правосторонний) изгиб — сколиоз, возникающий как следствие некоторой физиологической асимметрии тела (в первую очередь конечностей). С возрастом, в связи с ослаблением тонуса мышц, изгибы позвоночного столба . сначала несколько сглаживаются, а затем увеличивается грудной кифоз и поясничный лордоз.

Функциональная роль изгибов позвоночного столба чрезвычайно велика: П. Ф. Лесгафт отметил, что им принадлежит крайне важная амортизационная функция и все толчки и сотрясения человеческого тела, продвигаясь по ломанной линии суставов и, особенно, позвоночного столба, полностью гаснут, предупреждая возможность сотрясения мозга.

От строения позвоночного столба во многом зависит осанка или привычное положение тела, относящееся к разряду индивидуальных качеств человека.

Особенности осанки обусловлены: 1) расположением центра тяжести тела, 2) строением скелета — выраженностью изгибов позвоночника, углом наклона таза, расположением осей нижних конечностей, формой грудной клетки и 3) тонусом мускулатуры.

Существует множество классификаций осанки. Одна из наиболее распространенных предусматривает очень хорошую осанку, хорошую, удовлетворительную и плохую.

А. Д. Аксенова выделила четыре типа осанок спортсменов (варианты хорошей):

1. Нормальная, с обычным развитием всех изгибов, свойственная лыжникам, легкоатлетам.

2. Выпрямленная, отличающаяся сглаженностью изгибов, плоской спиной, встречающейся чаще у пловцов.

3. Сутуловатая, или кифотическая, характеризующаяся увеличением грудного кифоза, наблюдаемого у боксеров.

4. Лордотическая, типичным для которой оказывается увеличение поясничного лордоза, отличающего гимнастов.

Спортивная деятельность заметно влияет на характер изгибов позвоночника, причем среди спортсменов лица с плохой осанкой встречаются лишь в условиях неправильного распределения общеукрепляющей и специальной нагрузок. Так, А. И. Кураченков, наблюдавший в течение ряда лет за группой юных штангистов, тренировавшихся по специальной программе, не отметил у них случаев развития патологических изгибов позвоночника, несмотря на значительные нагрузки на этот отдел скелета. Обследование группы юных боксеров уже после двух лет занятий в спортивной школе более чем у 50% из них выявило патологические формы сколиозов, которые можно было объяснить только злоупотреблением специальными занятиями в ущерб общефизической подготовке. Ю. Д. Кузьменко обнаружил у пловцов-бассистов некоторое выпрямление физиологических изгибов и увеличение длины позвоночного столба; для конькобежцев оказалось характерным укорочение шейного и грудного отделов позвоночника при уменьшении грудного кифоза и увеличении поясничного лордоза. А. И. Кураченков и О. В. Винтергальтер у высококвалифицированных гребцов и велосипедистов постоянно отмечали увеличение поясничного лордоза.

Движения позвоночного столба происходят по небольшим дугам, вокруг трех основных взаимно-перпендикулярных осей. Работа эта обеспечивается мышцами шеи, спины и живота. Наибольшей амплитудой движений отличается атланта-затылочный сустав, затем нижне-шейный и верхне-грудной отделы позвоночного столба, а также нижне-грудной и поясничный. Подвижность среднего грудного отдела (3—7 грудные позвонки) ничтожна, в области крестца — полностью отсутствует. Сгибание в поясничном отделе обеспечивается движением между нижними грудными и верхними поясничными позвонками, разгибание — между нижними поясничными позвонками.

По данным М. Ф. Иваницкого, амплитуда движения существенно зависит от толщины межпозвоночных дисков, с их утолщением увеличивается подвижность определенного отдела позвоночного столба. Тренировка подвижности того или другого отдела позвоночного столба вызывает утолщение в нем межпозвоночных дисков. Так, по данным М. Ф. Иваницкого, тяжелоатлеты отличаются значительно большей, чем спортсмены ряда других специализаций, толщиной межпозвоночных дисков в поясничном отделе позвоночника. А. П. Хромов и Ф. В. Судзиловский отметили большую толщину их в шейном отделе позвоночного столба у борцов.

Подвижность позвоночного столба, его гибкость возрастают до 16 лет. У спортсменов это качество, естественно, выражено лучше, чем у лиц, не занимающихся спортом. По наблюдениям В. В. Сермеева, наибольшей подвижностью позвоночного столба среди обследованных им групп спортсменов отличались гимнасты и пловцы; заметно меньшей она была у

баскетболистов и лыжников. Ю. Д. Кузьменко, изучая некоторые группы взрослых спортсменов, отметил, что у пловцов-бассистов на фоне роста мастерства отчетливо возрастает подвижность позвоночного столба в шейном и верхне-грудном отделах. У конькобежцев с ростом квалификации увеличивается амплитуда движений в поясничном отделе. Лыжники же с ростом мастерства несколько снижают подвижность во всех отделах позвоночного столба.

Степень подвижности позвоночного столба тесно связана с функцией мышц, его обслуживающих, причем особенно велика при этом роль собственных мышц спины — разгибателей позвоночника. Сила этих мышц во многом определяет уровень достижений спортсменов. П. А. Евдокимова и Г. В. Шабайдаш, обследовавшие большую группу ведущих спортсменов страны различных специализаций, отметили у всех весьма высокие показатели становой динамометрии, лишней раз показавшей, как важно спортсменам иметь «крепкую» спину.

Морфологические изменения формы позвоночного столба, сочетающиеся с изменением степени подвижности тех или других его отделов, зависят не только от работы собственных мышц спины, но и от состояния мышц брюшного пресса, формы и подвижности грудной клетки.

Многие спортивные специализации вызывают характерные изменения структуры и функции **верхней конечности**.

Верхняя конечность человека в связи с утратой функции опоры и преобразованием в орудие труда претерпела в своем развитии анатомическую перестройку, существенно отличающую ее от передней конечности животных. Эти особенности состоят:

- 1) в некотором укорочении ее звеньев по сравнению передними конечностями четвероногих;
- 2) в крайней степени свободы движений с возможностью осуществления максимальной супинации и пронации;
- 3) в особенном развитии кисти, обусловленном своеобразием строения I запястно-пястного сустава, имеющего седловидную форму, и очень большой подвижностью пальцев, которые могут сгибаться и разгибаться по отдельности.

Требования к верхней конечности спортсмена отличаются значительным разнообразием, причем далеко не всегда ведущим качеством оказывается ловкость и гибкость пальцев.

Верхняя конечность спортсмена может быть органом:

- локомоции — плавание, бег, прыжки;
- приближения к телу или отталкивания предметов — гребля, толкание ядра, штанга;
- удержания предметов — рапира;
- удара — бокс;
- увеличения радиуса вращения и скорости движения — метание диска, молота;

- опоры — стойки на кистях и т. д.

Как видно, и в спорте верхняя конечность достаточно часто сохраняет проксимальную опору, приобретая дистальную при таких упражнениях, как стойки на кистях и жимы.

Работа разного характера, естественно, требует напряжения разных групп мышц, что ведет за собой перестройку тех или других отделов скелета верхней конечности. Лыжники, гимнасты, борцы, метатели отличаются длинными верхними конечностями и широкими плечами. Удлинение конечности, отмечаемое у представителей указанных выше видов спорта, далеко не однозначно. Так, гимнасты отличаются наиболее длинной кистью для обхвата снаряда и одновременно — самым коротким плечом и предплечьем, что уменьшает момент инерции при вращении.

Борцы и волейболисты имеют сравнительно длинное предплечье при средней длине плеча. Баскетболистов, наоборот, характеризует наибольшая длина плеча при средней длине предплечья.

Тяжелоатлетам свойственно укорочение всех сегментов верхней конечности, особенно отчетливо при этом укорочение ее проксимального звена и широкие плечи. Все описанные качества, по наблюдениям А. А. Гладышевой, проявляются все отчетливее по мере роста мастерства спортсмена.

Внутри спортивной специализации в зависимости от характера работы также возникают различия в строении верхних конечностей: бегуны на длинные дистанции, например, имеют сравнительно короткие руки; лица, занимающиеся бегом на средние дистанции, отличаются уже большей длиной рук. Рентгенологические исследования костей кисти боксеров и гимнастов показали, что у первых морфологические изменения сравнительно незначительны. В тех случаях, когда занятия боксом начинаются в ранней юности, происходит стимуляция роста костей и некоторая задержка синостозирования. В кисти же гимнастов, наряду со стимуляцией роста костей кисти, Л. П. Астанин выявил определенную тенденцию изменения ее строения в сторону «обезьяньей» — удлинение II—V пальцев при сравнительно небольшой длине I. Объясняется это спецификой работы кисти гимнаста на снарядах.

Степень анатомических изменений скелета верхней конечности у спортсменов различных специализаций становилась отчетливее по мере роста мастерства. Конечно, наряду с адаптационными изменениями, обусловленными особенностями работы в той или другой спортивной специализации, известную роль играет и искусственный спортивный отбор: в каждом виде спорта, как правило, в основном остаются те, кто имеет соответствующие природные задатки. Сочетание этих двух факторов, естественно, дает наиболее благоприятные результаты.

Нижняя конечность человека является органом опоры, движения и рессоры. В силу этого кости ее в сравнении с верхней толще, массивнее, а подвижность между ними меньше. Мышцы нижней конечности, помимо большого физиологического поперечника, как правило, имеют обширную

площадь прикрепления, лежащую обычно довольно далеко от точки опоры. В таких условиях они несколько проигрывают в ловкости, но обладают большей силой и способны долго не уставать как при динамическом, так и при статическом режимах работы.

Вся нижняя конечность, и особенно стопа, помимо выполнения функций опоры и движения, является мощной рессорой. Амортизационные свойства нижней конечности особенно отчетливо выявляются в случаях приземления при прыжках — все суставы при этом несколько согнуты при рефлекторном напряжении мышц, производящих разгибание. Работа имеет уступающий характер и препятствует положению крайнего сгибания суставов.

Стопе как органу локомоции и рессоры ' принадлежит особая роль. Она устроена и функционирует как упругий подвижный свод, сочетающий большую прочность с экономичностью строения. Форма и функция стопы человека обусловлены прямохождением, повлекшим за собой увеличение нагрузки на этот отдел конечности при уменьшении площади опоры. Точками опоры стопы являются пяточная кость, головки плюсневых костей и латеральный ее край. Между точками опоры располагаются своды стопы, сообщающие ей упругие, рессорные свойства. Различают пять продольных сводов, выходящих из одного пункта пяточной кости и веелообразно расходящихся кпереди соответственно пяти плюсневым костям. Поперечный свод образует парабола, соединяющая высшие точки продольных сводов. Высота сводов стопы зависит от формы костей, их соединений и, особенно, от тонуса мышц, являющихся активными затяжками. Мышцы, идущие с голени на стопу в продольном направлении, поддерживают продольные своды и укорачивают стопу; мышцы, имеющие косое или поперечное направление на подошве, укрепляют поперечный свод и делают стопу более узкой.

Функции нижней конечности в спорте отличаются многообразием и сложностью; она может служить:

- опорой для тела и поднимаемых предметов (штанга);
- опорой при висах на подколенках и носках (спортивная гимнастика);
- органом, выполняющим очень активно функцию опоры, локомоции и рессоры (прыжки, бег, спортивная ходьба);
- органом для удара по предмету (футбол) или нажима на предмет (езда на велосипеде);
- органом, позволяющим отдалять туловище (таз) от того или другого места опоры (гребля, поднятие тяжестей) и т. д.

Наблюдения за спортсменами показывают, что пловцы, прыгуны, бегуны на короткие дистанции и метатели, как правило, обладают длинными ногами, в то время как бегуны на длинные дистанции отличаются сравнительно короткими нижними конечностями. Группа «длинноногих» также обладает рядом характерных особенностей, обусловленных спортивной специализацией. Так, баскетболистов отличает значительная

длина бедра, тогда как высококвалифицированным игрокам в волейбол свойственна особенно длинная голень. Для тяжелоатлетов характерны сравнительно короткие конечности, причем особенно укороченным является бедро; в этом виде спорта длинные конечности могут оказывать отрицательное движение в толчке.

Особенно большое число исследований о морфо-функциональных особенностях нижней конечности спортсменов посвящено стопе. Это понятно, так как физические нагрузки во многих видах спорта предъявляют ей крайне высокие функциональные требования и ведут за собой ее структурную перестройку.

Нагрузки, связанные с резкими переменами их темпа, ритма и интенсивности, могут способствовать снижению тонуса мышц, растяжению связочного аппарата стопы и, в конечном итоге, развитию плоскостопия. Так, наибольшая степень уплощения стоп обнаруживается у баскетболистов, штангистов, некоторых групп легкоатлетов и фигуристов. Причем, как правило, больше страдает толчковая нога.

В предупреждении плоскостопия важную роль играет специальная подготовка нижней конечности. По наблюдениям многих исследователей, степень уплощения стопы после физической нагрузки обратно пропорциональна уровню мастерства: наибольшее опускание сводов стопы после тренировочных нагрузок наблюдается у начинающих спортсменов, наименьшее — у мастеров спорта. Т. И. Сулимцев методами плантографии и рентгенографии обследовал стопы юных волейболистов. Оказалось, что примерно 25% из них имели разные степени плоскостопия. Наибольший процент плоских стоп обнаружился в группе 11 — 12-летних. С возрастом и ростом мастерства число плоских стоп уменьшалось. Наблюдения за взрослыми легкоатлетами (бегунами на короткие и средние дистанции и прыгунами) показало, что понижение сводов стопы в этой группе спортсменов после 15 км тренировочного кросса чаще всего возникает на фоне растренированности, вызванной длительным перерывом в занятиях спортом. Немалое значение имеет и исходное состояние стопы спортсмена. В. В. Алонцев на основании своих наблюдений за хоккеистами пришел к выводу, что наиболее значительное снижение сводов стопы после тренировочных занятий возникает у тех, кто вообще отличался некоторым ее уплощением.

Специально разработанные упражнения позволяют предотвратить уплощение стопы даже в тех случаях, когда в силу специфических нагрузок этот отдел нижней конечности оказывается в достаточно неблагоприятных условиях. А. И. Кураченко у штангистов, занимавшихся по специальной программе, в которой очень большое место занимала общая физическая подготовка, после специальных тренировок наблюдал даже повышение сводов стопы, что свидетельствовало о достаточно хорошем тонусе соответствующих групп мышц. Аналогичные наблюдения сделаны З. Я. Кожевниковой с соавторами над юными баскетболистами, для которых был разработан специальный режим тренировочных занятий, включающий

упражнения для укрепления мышц стопы. М. О. Фридланд в укреплении мышц, удерживающих своды стопы, придает большое значение выработке правильной походки, тренировке выносливости к продолжительной ходьбе, ходьбе на носках, бегу и прыжкам.

Специализация спортсмена, как видно, происходит в условиях адаптационной перестройки всего тела и отдельных его частей, направленной на улучшение определенных функций опорно-двигательного аппарата. Осведомленность тренера об особенностях этой перестройки должна способствовать целенаправленному отбору в различные виды спорта и такому построению тренировочного процесса, результатом которого будут возникать только прогрессивные изменения тела спортсмена и отдельных его частей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. Учебник для студентов институтов физической культуры/ Под редакцией Б.А. Никитюка, А.А. Гладышевой, Ф.В. Судзиловского. - М.: ФиС, 1985.
2. Анатомия человека. Учебник для медицинских институтов/ Под редакцией М.Р. Сапина. – М.: Медицина, 1985.
3. Морфология человека/ Под редакцией Б.А. Никитюка, В.П. Чтецова. – М.: Изд-во МГУ, 1990.
4. Мартиросов Э.Г. Методы исследования в спортивной морфологии. – М.: ФиС, 1983.
5. Липченко В.Я., Самусев Р.П. Атлас нормальной анатомии человека. – М.: Медицина, 1983.
6. Анатомия человека. Учебник для техникумов физической культуры/ Под редакцией А.А. Гладышевой. – М.: ФиС, 1984.
7. Губа В.П, Дорохов Р.Н. Спортивная морфология. М.: Советский спорт, 2005.
8. Физиология физического воспитания и спорта. Учебник для студентов высших учебных заведений/ Под редакцией В.В. Смирнова, В.И. Дубровского. – М.: ВАДОС-пресс, 2002.
9. Иваницкий М.Ф. Анатомия человека. Учебник для студентов институтов физической культуры. М.: Олимпия, 2008.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....
 2. Общебиологические основы морфо-функциональной адаптации организма спортсмена.....
 3. Анатомическое строение мышечной системы.....
 4. Морфо-функциональные изменения мышечной системы спортсменов под влиянием физических нагрузок.....
 5. Морфо-функциональные особенности строения тела и его частей у спортсменов различных специализаций и уровня мастерства.....
- Библиография.....

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**МОРФО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ИЗМЕНЕНИЯ ОРГАНИЗМА И
ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
СПОРТСМЕНОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ
ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК**

ИЗДАЕТСЯ В АВТОРСКОЙ РЕДАКЦИИ.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА С.В. ОЛЕЙНИКОВ