

Введение

Глубокие социально-экономические преобразования, происходящие в современном обществе, предъявляют к двигательному потенциалу людей, особенно вузовской молодежи, повышенные требования, что отражает личностно-общественную значимость физической культуры.

Интенсификация научно-технического прогресса, развитие высокотехнологичных и наукоемких отраслей производства ставят перед высшим образованием задачу подготовки специалистов, соответствующих изменяющимся запросам общества, экономики и производства.

Современный рынок труда требует от выпускника вуза высокой профессиональной мобильности, активной жизненной и профессиональной позиции. Особая специфика проявляется в этой связи в вопросах подготовки инженерных кадров, поскольку деятельность инженера, управляющего технологически сложными процессами и человеко-машинными системами, требует большей отдачи, значительных интеллектуальных, моральных затрат, физической подготовки, высокого уровня сформированности профессиональной культуры.

Одной из основных задач физического воспитания в университете является укрепление здоровья студентов, повышение их работоспособности.

Хорошая гибкость обеспечивает свободу, быстроту и экономичность движений.

Правильное развитие гибкости обеспечивает такую важную компоненту здоровья, как эластичность мышц, связок и подвижность суставов. Для примера можно привести строительство небоскреба, в котором одна стена из камня, другая из дерева, третья из резины, а четвертая из стали. Будет ли такой дом устойчив? А если случится землетрясение, то как он будет балансировать? Сутулость, искривления позвоночника, боли в спине, тяжелая походка, неуклюжесть — это характерные признаки отсутствия гибкости. Напряжение мышц распределено по телу неравномерно.

В одних местах тело слишком рыхлое, в других — чрезмерный мышечный тонус.

Гибкость — важный компонент общей физической подготовки, направленный на выполнение полного спектра движений. Она необходима ряду профессий и рассматривается как профессионально важное физическое качество и способность работающего человека, в том числе и в строительной специальности.

На это качество влияет:

- уровень развития двигательных навыков;
- уровень жизнедеятельности и жизнеспособности;
- состояние здоровья;
- потенциальные возможности физической деятельности.

Гибкость не является причинным фактором движений, она представляет собой необходимую предпосылку к выполнению двигательного действия. Она измеряется величиной амплитуды движений — сгибаний и разгибаний звеньев тела и является морфофункциональной способностью опорно-двигательного аппарата.

При отсутствии регулярных тренировок гибкость человека ухудшается, снижается функциональность суставов в повседневной жизни и профессиональной деятельности, что затрудняет выполнение необходимых движений и превращается в хроническую жизненную проблему.

С возрастом мышцы теряют естественную прочность и становятся менее упругими.

Внешнее проявление гибкости отражает внутренние изменения в мышечных волокнах, суставах и связках. Потеря эластичности тканей причиняет боль в различных отделах организма, что приводит к образованию нарушений в осанке, возникновению остеохондроза, отложению солей и т.д.

При соответствующей гибкости происходит более углубленное физиологическое воздействие на мышцы, связанное с межмышечной координацией, что ведет к уменьшению травматизма как в быту, спорте, так и на производстве.

Выполнение упражнений, направленных на развитие гибкости, исключительно важно для поддержания общей физической формы и здоровья на должном уровне.

ПОНЯТИЕ О ГИБКОСТИ И ЕЕ ВИДЫ

Термин «гибкость» целесообразно применять для характеристики суммарной подвижности целой цепи сочленений или всего тела. Например, движения позвоночника часто называют «гибкими». Когда же речь идет об отдельных суставах, правильнее говорить о подвижности в них (подвижность в голеностопных, плечевых суставах и т.д.) (рис. 1).



Рис. 1. Развитие тазобедренных и плечевых суставов

Это качество необходимо воспитывать систематически с самого раннего детства и не забывать о нем на протяжении всей жизни.

Упражнения на гибкость, как и остальные средства физической культуры, направлены на улучшение работы различных систем организма, а особенно:

- сердечно-сосудистой;
- нервной;
- кардиореспираторной;
- опорно-двигательного аппарата.

В плане лечебной физической культуры в случае травм, наследственных или возникающих заболеваний выделяется одна из задач — восстановление нормальной амплитуды движений.

Эластичные мышцы уменьшают сопротивление в мышечных волокнах при выполнении любых видов деятельности, увеличивают приток крови и питательных веществ к тканям. Например, чем более гибкими являются мышцы таза, подколенные сухожилия, сгибатели бедра и четырехглавая мышца, тем мень-

ше нагрузки испытывают различные суставы, в частности — нижняя часть спины.

Во время выполнения упражнений на гибкость посылаются множество сигналов в центральную нервную систему, откуда происходит рефлекторный ответ на органы человека, стимулируя их и улучшая качество работы всех систем тела (принцип действия рефлекторной дуги).

Упражнения на гибкость влияют на психологическую составляющую здоровья человека. Существует явная взаимосвязь между процессами в головном мозге (мыслями, эмоциями, переживаниями и т.д.) и состоянием тела. У людей с недостаточно развитой гибкостью различных частей тела может наблюдаться определенный круг психологических трудностей и устойчивые проблемы с координацией движений. Всевозможные комплексы и зажатости хорошо видны даже невооруженным взглядом.

Напряженная умственная работа, малоподвижный образ жизни, особенно при высоких нервно-эмоциональных напряжениях, вредные привычки (курение, потребление алкоголя, наркомания) вызывают потерю эластичности мышечных стенок кровеносных сосудов, что может привести к стойкому повышению в них кровяного давления и, в конечном счете, к заболеванию, называемому гипертонией.

Физическая работа способствует общему расширению кровеносных сосудов, улучшению питания и повышению обмена веществ в их стенках. При физической работе мышцы массируют внешнюю сторону окружающих их сосудов, а кровеносные сосуды, не проходящие через мышцы (головного мозга, внутренних органов, кожи), становятся более эластичными за счет гидродинамической волны от учащения пульса и ускоренного тока крови. Все это способствует нормальному функционированию сердечно-сосудистой системы без патологических отклонений и сохранению жизнедеятельности.

При длительном неподвижном положении тела венозная кровь, бедная питательными веществами и кислородом и насыщенная продуктами распада клеток, под влиянием силы тяжести может скапливаться в различных органах и частях тела. Стенки венозных сосудов тонкие, и скопление излишнего объема крови в них может привести к их деформации, к расши-

рению вен. Люди, профессии которых связаны с длительным положением стоя или сидя, подвержены заболеванию *варикоз* (расширению вен ног) и органов брюшной полости, если они ежедневно не выполняют производственную гимнастику и не ведут активный образ жизни. Застойные явления венозной крови и расширение вен вредно отражаются на функциях соответствующих органов и всего организма в целом.

Поэтому для сохранения здоровья и работоспособности необходимо активизировать кровообращение с помощью физических упражнений, в том числе и в режиме учебного дня студента: физкультминутки; физкультпаузы; упражнения, направленные на развитие кардиореспираторной системы (ходьба, бег, плавание, езда на велосипеде и т.д.) и различные средства для развития гибкости.

Гибкость позволяет успешно овладевать основными жизненно важными двигательными действиями (умениями и навыками) и с высокой результативностью проявлять остальные двигательные способности — координационные, скоростные, силовые, выносливость.

Так как гибкость оказывает огромное влияние на координацию и точность движений, ее развитие будет очень полезным для людей, работающих непосредственно на строительной площадке. В особенности для специалистов, выполняющих кровельные, монтажные, укладочные, облицовочные и другие работы на большой высоте.

На практике часто определяют гибкость способностью человека достичь определенного положения (например, способность встать из стойки на гимнастический или борцовский мост, выполнить наклон и коснуться ладонями пола, не сгибая ноги в коленных суставах, выполнить продольный или поперечный шпагат) (рис. 2). Особенность занятий по развитию и поддер-



Рис. 2. Выполнение продольного шпагата в стойке на руках

жанию оптимального состояния гибкости состоит в том, что упражнения выполняют сериями при достаточном количестве повторений, с максимальной амплитудой, объем таких тренировочных заданий должен быть индивидуальным.

Упражнения на гибкость укрепляют иммунитет, что дает защиту от различных простудных заболеваний. И это очень важно не только для людей, работающих непосредственно на стройке, зачастую в сложных погодных и температурных условиях, но и для инженеров, прорабов, помощников прорабов, выполняющих управленческую, организаторскую деятельность и контроль качества работ.

Инженерам-проектировщикам, сметчикам, экономистам, а также людям (чьи профессии связаны с постоянным нахождением в офисных помещениях) ведущим «сидячий» образ жизни, для сохранения и поддержания здоровья позвоночника, суставов, двигательной и нервной систем крайне необходимо заниматься физическими упражнениями, направленными на развитие гибкости, которые помогут укрепить мышцы спины, повысить тонус всего организма.

При недостаточной гибкости спины, ягодиц, бицепсов бедер и т.д. выполнение многих силовых упражнений (приседаний, выпадов, становых тяг) происходит с искажением техники (например поясничный отдел спины округлен), что не позволяет достичь максимальных результатов. Такое не техничное выполнение сложных и тяжелых упражнений просто опасно для поясницы — боли в ближайшем будущем обеспечены. Кстати говоря, на боли в пояснице чаще всего жалуются атлеты, явно пренебрегающие упражнениями на гибкость (рис. 3).

Эти упражнения важно сочетать со средствами, которые направлены на развитие силы и при расслаблении. Установлено, что комплексное использование силовых упражнений и упражнений на расслабление не только способствуют увеличению силы, растяжимости и эластичности мышц, производящих данное движение, но и повышает прочность мышечно-связочного аппарата. Кроме того, при использовании упражнений на расслабление в период направленного развития подвижности в суставах значительно (до 10 %) возрастает эффект тренировки.



Рис. 3. Выполнение упражнений на гибкость в спортивной гимнастике

Физиологические характеристики гибкости

Ранее считалось, что соединительная ткань состоит из биохимических инертных веществ. В настоящее время стали очевидными протекающие в них активные процессы жизнедеятельности, способные к адаптации, изменяя свою структуру за счет увеличения количества и улучшения качества эластичных волокон.

Гибкость определяется способностью мышц уступать противодействующей растягивающей силе. «Зона эластичности» у всех мышц мала и примерно одинакова, а охранительные реакции на растяжение протекают по-разному и зависят от конституционных особенностей и функционального состояния, прежде всего — от состояния кровотока и интенсивности обмена веществ в мышцах на момент выполнения упражнения. Эти реакции поддаются тренировке.

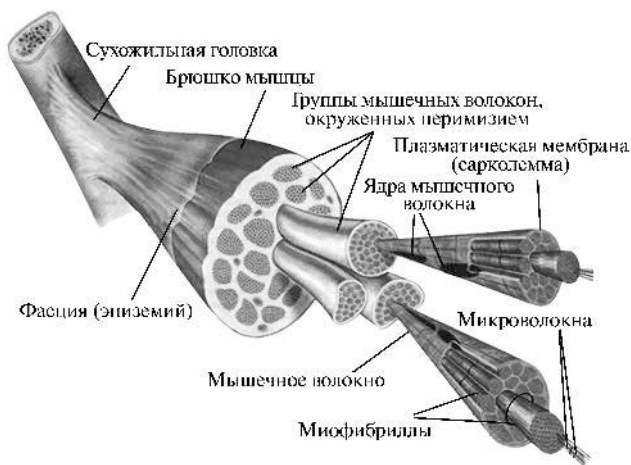


Рис. 4. Особенности строения мышц

Мышечные волокна, приводящие в движение части нашего тела, состоят из миофибрилл, способных сокращаться при напряжении и удлиняться при расслаблении (рис. 4). Сократительной единицей является саркомер, внутри которого проходят толстые и тонкие нити белков миозина и актина (рис. 5). При поступлении к мышце нервного импульса стимулируется поток кальция, что вызывает встречное скольжение актиновых и миозиновых волокон и, таким образом, мышца сокращается (рис. 6).

При растяжении мышечное волокно вытягивается на полную длину, соединительная ткань напрягается и удерживает это положение.

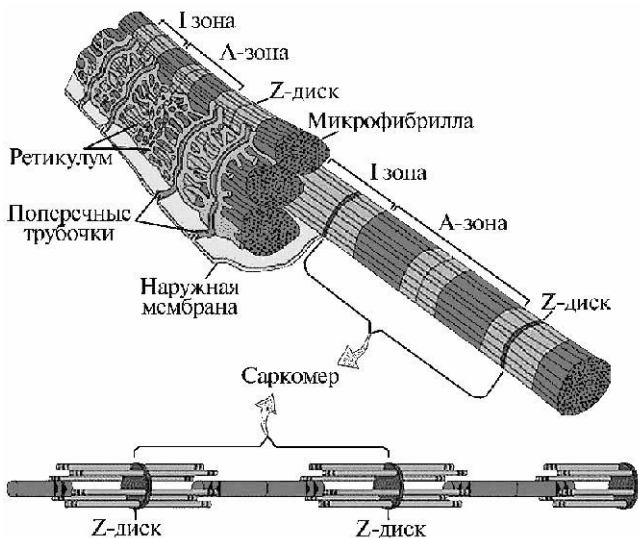


Рис. 5. Строение сократительного аппарата мышечных волокон

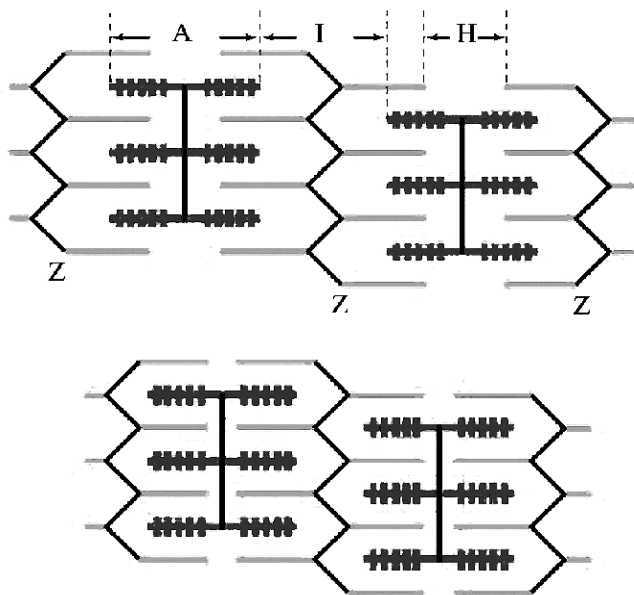


Рис. 6. Изменение длины саркомера

КРИТЕРИЙ ИЗМЕРЕНИЯ ГИБКОСТИ И ЕЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, МИОТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Одним из отделов *двигательной сенсорной системы* являются проприорецепторы, расположенные в мышцах, сухожилиях и суставных сумках. В мышцах расположены мышечные веретена, в сухожилиях — сухожильные органы Гольджи. В суставных сумках расположены рецепторы суставов (рис. 7).

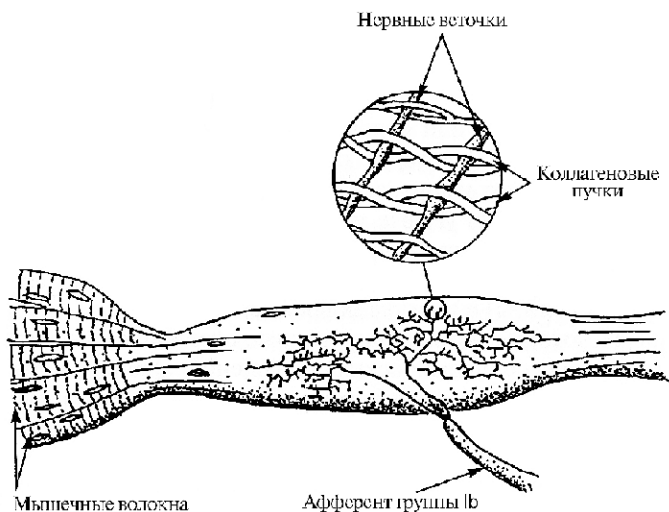


Рис. 7. Строение сухожильного органа Гольджи (А.Дж. Мак-Комас, 2001)

Еще в XIX в. В. Кюне обнаружил в скелетных мышцах структуры, напоминающие веретено. Затем, в начале XX в. Нобелевский лауреат *Чарльз Скотт Шеррингтон* показал, что эти структуры служат чувствительными рецепторами. Мышечные веретена рассеяны по всем скелетным мышцам. Концы их обычно прикрепляются к мышечным волокнам *параллельно*. Каждое веретено покрыто капсулой, которая расширяется в центре и образует ядерную сумку. Внутри верете-

на содержатся *интрафузальные мышечные волокна*. Эти волокна в 2—3 раза тоньше обычных (экстрафузальных) волокон скелетных мышц.

Интрафузальные волокна подразделяются на *два типа*:

Длинные и толстые (диаметр 20—25 мкм), которые информируют ЦНС о *динамическом компоненте движения — скорости изменения длины мышцы*. Таких волокон в мышечном веретене не более двух.

Короткие и тонкие (диаметр 10—12 мкм), которые информируют ЦНС о *статическом компоненте движения — текущей длине мышцы*. Таких волокон в мышечном веретене от 2 до 12.

Нервно-сухожильные веретена (рецепторы Гольджи) открыл в 1903 г. Камилло Гольджи (см. рис. 7). Впоследствии за эти исследования ему была присуждена Нобелевская премия. Рецепторы Гольджи располагаются в месте перехода мышечных волокон в сухожилия. Их длина составляет 0,5—1,0 мм, а диаметр — 0,1—0,2 мм. Отдельный нервный аксон несет афферентные импульсы в спинной мозг и называется аксоном Ib. Он начинается в виде веточек, проходящих между коллагеновыми волокнами сухожилия (рис. 7)). Когда мышечные волокна сокращаются, коллагеновые волокна натягиваются и сжимают нервные веточки, которые начинают импульсировать.

Таким образом, в результате *последовательного крепления сухожильных органов к мышечным волокнам они возбуждаются при укорочении возбужденной мышцы*. Сухожильные рецепторы возбуждаются в 1,5—8 раз более эффективно при мышечном сокращении, нежели при пассивном растяжении.

Суставные рецепторы подразделяются на несколько типов в зависимости от их реакции на амплитуду, скорость и направление движения в суставе. *Тельца Руффини* находятся в капсуле сустава и воспринимают *направление и скорость изменения межзвенового угла*. Частота их импульсации возрастает с увеличением скорости изменения суставного угла. *Тельца Паччини* посылают в ЦНС информацию о положении отдельных частей тела в пространстве и относительно друг друга. Эти рецепторы посылают в ЦНС информацию о значениях межзвенных углов, т.е. о положении сустава.

Таким образом, рецепторы мышц адекватно реагируют на изменение длины и скорости растяжения мышцы. Связь между этими характеристиками и частотой импульсации афферентов мышечных веретен близка к линейной. Рецепторы Гольджи адекватно отражают развитие напряжения мышцы. Рецепторы суставов реагируют на положение и угловую скорость звеньев опорно-двигательного аппарата.

Биомеханические свойства скелетных мышц — это характеристики, которые регистрируют при механическом воздействии на мышцу.

К биомеханическим свойствам мышц относятся:

- сократимость;
- жесткость;
- вязкость;
- прочность;
- релаксация.

Сократимость

Сократимость — способность мышцы укорачиваться при возбуждении, в результате чего возникает сила тяги.

В 1966 г. А. Гордон, А. Хаксли и Ф. Джулиан провели специальные исследования, позволившие установить зависимость силы, развиваемой саркомером, от его длины. Одно из предположений, касающихся механизма скольжения филаментов, заключалось в том, что каждый поперечный мостик действует подобно независимому генератору силы. Поэтому уровень силы, развиваемой во время сокращения, должен зависеть от количества одновременных взаимодействий между толстыми и тонкими филаментами. Это предположение подтвердилось. Действительно, существуют критические значения длины саркомера, при которых развиваемая им сила падает до нуля (рис. 8).

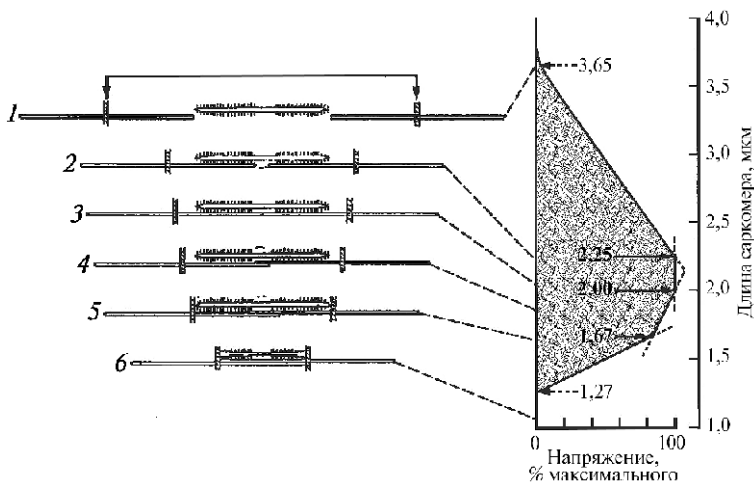


Рис. 8. Схема, иллюстрирующая зависимость между степенью перекрытия актомиозиновых филаментов и силой, развиваемой саркомером

Первое критическое значение длины саркомера равно 1,27 мкм. Оно соответствует максимальному укорочению мышцы. В этом состоянии мышцы регулярность расположения филаментов нарушается, они искривляются. Количество одновременных взаимодействий между филаментами резко уменьшается, поэтому сила падает до нуля. Второе критическое значение длины саркомера равно 3,65 мкм. Оно соответствует максимальному удлинению мышцы. При максимальном растяжении саркомера перекрытия толстых и тонких филаментов нет, поэтому сила уменьшается до нуля. Если длина саркомера находится в интервале от 1,27 мкм до 3,65 мкм, значение силы отличается от нуля. Максимальная сила, которую способен развить саркомер, соответствует значениям его длины — от 1,67 до 2,25 мкм.

Жесткость

Жесткость материала — характеристика тела, отражающая его сопротивление изменению формы при деформирующих воздействиях (В.Б. Коренберг, 2004). Чем больше жесткость тела, тем меньше оно деформируется под воздействием силы. Закон Гука гласит, что сила упругости, возникающая при растяжении или сжатии тела, пропорциональна его удлинению.

Жесткость материала характеризуется коэффициентом жесткости k . Единица измерения жесткости тела — Н/м. Жесткость линейной упругой системы, например, пружины, есть величина постоянная на всем участке деформации.

В отличие от пружины, мышца представляет собой систему с нелинейными свойствами. Это связано с тем, что структура мышцы очень сложна. Поэтому для мышцы зависимость силы от удлинения будет отлична от закона Гука. Возникающая в мышце сила упругости не пропорциональна удлинению. Вначале мышца растягивается легко, а затем даже для небольшого ее растяжения необходимо прикладывать все большую силу. Поэтому часто мышцу сравнивают с трикотажным шарфом, который вначале легко растягивается, а затем становится практически нерастяжимым. Иными словами, жесткость мышцы с ее удлинением возрастает. Из этого следует, что мышца представляет собой систему, обладающую переменной жесткостью. В этом случае коэффициент жесткости k равен первой производной силы по деформации материала. Установлено, что жесткость активной мышцы в 4—5 раз больше жесткости пассивной мышцы. В табл. 1. представлены значения коэффициентов жесткости мышц-сгибателей стопы у представителей разных видов спорта.

**Значения коэффициента жесткости мышц-сгибателей стопы
у представителей различных видов спорта
(по А.С. Аруину, В.М. Защиорскому, Л.М. Райцину, 1977)**

Спортивная специализация		Число испытуемых	Коэффициент жесткости, Н/м 10 ⁴
Бокс		11	2,58±0,27
Волейбол		15	2,79±0,51
Легкая атлетика	спринт	13	3,00±0,53
	средние дистанции	12	2,72±0,52
	прыжки в высоту и длину	7	2,87±0,53
Тяжелая атлетика		11	2,88±0,66
Футбол		32	2,47±0,38

Вязкость

Вязкость — свойство жидкостей, газов и «пластических» тел оказывать неинерционное сопротивление перемещению одной их части относительно другой (смещение смежных слоев). При этом часть механической энергии переходит в другие виды, главным образом в тепло (В.Б. Коренберг, 1999).

Это свойство сократительного аппарата мышцы вызывает потери энергии при мышечном сокращении, идущие на преодоление вязкого трения. Предполагается, что трение возникает между нитями актина и миозина при сокращении мышцы. Кроме того, трение возникает между возбужденными и невозбужденными волокнами мышцы. Поэтому, если возбуждены все волокна, трение должно быть меньше. Показано, что при сильном возбуждении мышцы, ее вязкость резко уменьшается (Г.В. Васюков, 1967).

Если абсолютно упругое тело (например, пружину) вначале растянуть, а затем снять деформирующую нагрузку, то кривая «удлинение — сила» будет идентичной во время обеих фаз. Если же мы имеем дело с упруговязким материалом (мышцей),

кривые окажутся неидентичными. При нагрузке (растяжении мышцы) зависимость «удлинение — сила» соответствует кривой 1. (рис. 9).

При укорочении мышцы зависимость «удлинение — сила» соответствует кривой 2. Кривые 1 и 2 образуют «петлю гистерезиса». Площадь фигуры, заключенной между кривыми 1 и 2, отражает потери энергии на трение. Мышца, обладающая большей вязкостью, будет характеризоваться большей площадью «петли гистерезиса». При выполнении физических упражнений температура мышц повышается. Повышение температуры мышц связано с наличием у мышц вязкости. В результате наличия вязкости происходят потери энергии мышечного сокращения на трение. Разогрев мышц (разминка) приводит к тому, что вязкость мышц уменьшается.

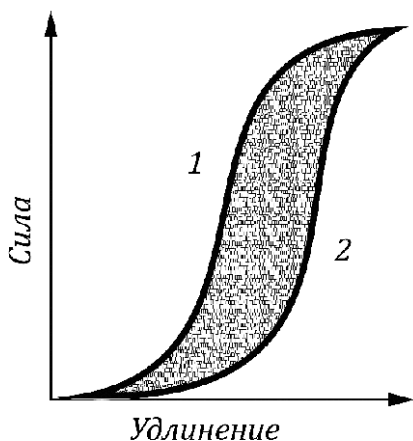


Рис. 9. Зависимость «удлинение — сила» при растягивании (кривая 1) и укорочении мышцы (кривая 2)

Прочность

Прочностью материала называют его способность сопротивляться разрушению под действием внешних сил (И.Ф. Образцов с соавт., 1988).

Прочность материала характеризуют пределом прочности — отношением нагрузки, необходимой для полного разрыва (разрушения испытуемого образца), к площади его поперечного сечения в месте разрыва. Предел прочности мышцы оценивается значением растягивающей силы, при которой происходит ее разрыв. Установлено, что предел прочности для миофибрилл равен 1,6—2,5 Н/см², мышц — 20—40 Н/см², фасций — 1400 Н/см², сухожилий — 4000—6000 Н/см²; костной ткани — 9000—12500 Н/см². При этом предел прочности каната из хлопка на растяжение составляет 3760—6770 Н/см².

На прочность связок и сухожилий влияет уровень гормонов. Показано, что систематическое введение гормонов может привести к значительному уменьшению их прочности. Значительно снижает прочность связок и сухожилий иммобилизация. И наоборот, при исследовании животных была найдена связь между уровнем физической активности и прочностью сухожилий и связок. Показано, что в подавляющем большинстве случаев прочность сухожилий более высока, чем прочность их прикрепления к костям. Поэтому при травмах сухожилий они не разрываются, а отрываются от места прикрепления. Следует учитывать также, что в процессе тренировок прочность сухожилий и связок увеличивается сравнительно медленно. При форсированном развитии скоростно-силовых качеств мышц может возникнуть несоответствие между возросшими скоростно-силовыми возможностями мышечного аппарата и недостаточной прочностью сухожилий и связок. Это грозит потенциальными травмами (А.С. Аруин, В.М. Зациорский, В.Н. Селуянов, 1981).

Релаксация

Релаксация мышц — свойство, проявляющееся в уменьшении с течением времени силы тяги при постоянной длине.

Для оценки релаксации используют показатель — время релаксации, т.е. отрезок времени, в течение которого натяжение мышцы уменьшается в e^* раз от первоначального значения. Многочисленными исследованиями установлено, что высота выпрыгивания вверх с места зависит от длительности паузы между приседанием и отталкиванием. Чем больше эта пауза (изометрический режим работы мышц), тем меньше сила их тяги и, как следствие, высота выпрыгивания (табл. 2). Таким образом, релаксация мышц приводит к уменьшению высоты выпрыгивания.

Таблица 2

**Влияние паузы на высоту прыжка с места (n = 31)
(по А.С. Аруин, В.М. Зациорский, Л.М. Райцин, 1977)**

Вес испытуемых, кг	Рост, см	Высота прыжков с паузой, см	Высота прыжков без паузы, см
68,37±6,64	176,39±5,05	49,49±5,85	53,23±6,47

* e — основание натурального логарифма

Трехкомпонентная модель мышцы

Очень часто для того, чтобы понять механизм работы объекта, его заменяют адекватной моделью. *Модель* — образ объекта, который содержит его характерные черты. Вначале предполагали, что мышца может моделироваться системой, состоящей из двух компонентов: активного и пассивного. Сократительный (активный) элемент уподоблялся демпфирующему компоненту. Пассивный элемент представлялся упругим компонентом. В последующем А. Хилл предложил модель мышцы, состоящую из трех компонентов (рис. 10), которая в настоящее время является общепринятой.

При описании макроструктуры скелетных мышц были выделены три компонента: мышечные волокна, соединительно-тканые образования, расположенные параллельно мышечным волокнам, и сухожилия. Биомеханические свойства этих компонентов различны. Мышечные волокна характеризуются высокой вязкостью, поэтому в модели их имитируют демпфером. Этот элемент в модели носит название *сократительного компонента* (СокК).

Второй компонент — фасция, которой окружена мышца, а также соединительно-тканые образования, окружающие мышечные пучки, мышечные волокна, миофибриллы и т.д. В этом компоненте наиболее выражены упругие свойства мышц. Так как этот компонент расположен параллельно мышечным волокнам, он получил название *параллельный упругий компонент* (ПаУК). В модели он имитируется пружиной с нелинейной зависимостью между силой и удлинением.

Третий компонент — сухожилие. В этом компоненте также преобладают упругие свойства, однако жесткость этого компонента значительно больше, чем у параллельного упругого компонента (напомним, что жесткость — это коэффициент пропорциональности между силой и удлинением пружины). Чем выше жесткость, тем больше сила упругости, возникающая при растяжении (деформации тела). Мышечные волокна переходят в сухожилия, т.е. этот ком-

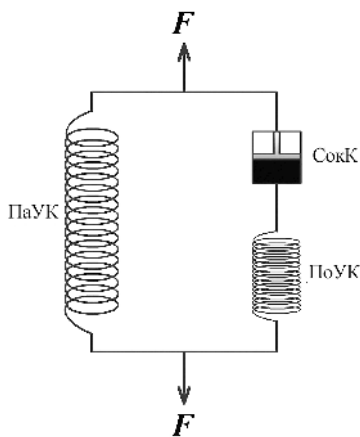


Рис. 10. Трехкомпонентная модель мышцы

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru