



Биомеханические основы гибкости

УДК/UDC 796.012.23

Кандидат педагогических наук, профессор **А.А. Шалманов**¹

Кандидат педагогических наук **И.В. Тарханов**¹

¹Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма (ГЦОЛИФК), Москва

Аннотация

Авторы предложили подойти к проблемам отбора, тренировки и контроля совершенствования физических качеств начинающих спортсменов, в частности гибкости, с позиций биомеханического анализа и биомеханического обоснования причин и факторов, ограничивающих размах движения в том или ином суставе или двигательного действия в целом.

Выявлены факторы, влияющие на гибкость: форма суставной поверхности; состояние связочного аппарата и биомеханические свойства мышц.

Авторы отмечают, что результаты исследований указывают на естественное увеличение гибкости у лиц, не занимающихся спортом до начала периода полового созревания (11–14 лет). Затем размах движений существенно не изменяется приблизительно до 28 лет. Далее происходит уменьшение гибкости и упражнения типа «стретчинг» следует выполнять с особой осторожностью. Влияние наследственных факторов на гибкость оценивается на основе применения близнецового метода генетики.

Приведенные факты позволяют заключить, что гибкость хоть и находится на начальной стадии антогенеза под влиянием наследственных факторов, но по мере развития организма основное влияние на размах движения в суставах оказывает тренировочный процесс. Очевидно, что при отборе детей в спортивные секции не следует, при прочих равных условиях, серьезно принимать во внимание результаты тестов на оценку гибкости.

Ключевые слова: гибкость, биомеханическая модель мышцы, факторы.

FLEXIBILITY: BASIC BIOMECHANICS

PhD, Professor **A.A. Shalmanov**¹

PhD **I.V. Tarkhanov**¹

¹Russian State University of Physical Education, Sports, Youth and Tourism (SCOLIPE), Moscow

Flexibility is commonly understood as the utmost movement freedom with an optimal range. The article analyzes benefits of a new selection, training and physicality (including flexibility) testing model with a special emphasis on the movement biomechanics to realize the movement flexibility limitations in one or another joint and/or movement sequence on the whole. The study provides an insight to the flexibility factors including the joint surface shape; condition of the ligamentous apparatus; and the muscle movement biomechanics. It was found that flexibility normally and naturally grows in non-sporting individuals prior to the pubescence (11-14 years of age) period; followed by the movement range limitations in the period up to 28 years of age. Later on flexibility continues to fall and, therefore, great care is needed in different stretching exercises. Influences of the hereditary factors on flexibility were analyzed based on the twin genetics method. The study data and analysis give the grounds to conclude that that flexibility may be effectively trained by prudent training systems despite the fact that in the body growing ontogenetic stage it is largely dependent on the hereditary factors. Children's selection for sport groups shall be governed, among other things, by the flexibility test data.

Keywords: flexibility, muscle model biomechanics, factors of influence.

Введение. Гибкостью принято называть способность человека выполнять движения или двигательные действия с оптимальным размахом. Особенность строения опорно-двигательного аппарата человека обеспечивает ему и предметной среде (спортивным снарядам, сопернику) поступательные перемещения за счет вращательных движений в суставах.

Цель исследования – биомеханическое обоснование причин и факторов, ограничивающих размах движения спортсмена в том или ином суставе или двигательного действия в целом.

Результаты исследования и их обсуждение. *Факторы, влияющие на гибкость.* Три основных фактора влияют на размах движений: 1) форма суставной поверхности; 2) состояние связочного аппарата и 3) биомеханические свойства мышц.

Слово «гибкость» используется обычно как более общий термин. Применительно к отдельным *суставам* говорят о подвижности в них, т.е. в зависимости от их формы возможно выполнение вращательных движений относительно трех осей (шаровидный – плечевой и тазобедренный), двух осей (эллипсоидный – лучезапястный) или одной (блоковидный сустав – между фалангами пальцев). Однако, несмотря на то что коленный и локтевой суставы являются блоковидными, в них,

кроме сгибания и разгибания, обеспечивают вращение голени и предплечья относительно их продольной оси (пронация и супинация). Это обусловлено наличием двух костей – большой и малой берцовой у голени и плечевой и локтевой у предплечья.

При выполнении упражнений размах движений обычно ограничивается не только формой суставных поверхностей, но и *связочным аппаратом* [4].

Связки в некоторой мере ограничивают подвижность в суставах. Чем они эластичнее, тем это ограничение меньше. Путем систематических тренировок с хорошей разминкой, позволяющей повысить температуру тела, можно увеличить эластичность связочного аппарата, а следовательно, и гибкость.

Основным фактором, ограничивающим размах движения, является *мышца*. В зависимости от того, в каком она находится состоянии при выполнении человеком физических упражнений, размах движения будет зависеть от эластичности и длины ее упругих компонентов. Согласно классической трехкомпонентной модели мышцы А. Хилла эти упругие компоненты расположены последовательно (ПосУК) и параллельно (ПарУК) по отношению к сократительной компоненте (СК) – рис. 1. К ПосУК относят главным образом сухожилие мышцы, через которое сократительная компонента (миофибрил-

лы) передают усилие на костный рычаг. Вся мышца, отдельные ее группы волокон (100–150 волокон) и каждое мышечное волокно также «упакованы» в упругие коллагеновые оболочки – ПарУК. Следовательно, возможны два варианта избирательного воздействия на ПосУК и ПарУК при выполнении упражнений на растягивание мышцы [1, 2, 4, 7–9].

Первый – при растягивании с помощью партнера расслабленной мышцы мы оказываем тренировочное воздействие на ее ПарУК (рис. 1 V и 1 VI). Как видно из схемы, длина сухожилия остается неизменной и сократительная компонента не оказывает сопротивления. Результаты исследования показали, что момент появления этого сопротивления зависит от процентного содержания в мышце соединительнотканых образований, составляющих ПарУК, и от ее длины.

Установлено, что в зависимости от типа мышц на долю коллагена ее соединительной ткани приходится от 3 до 30% белков, входящих в состав мышцы. Чем больше длина оболочек, тем позже возникает сопротивление расслабленной мышцы воздействию внешней силы, а следовательно, и больше размах движения (рис. 1, 2).

Второй – попытка растянуть напряженную мышцу, прикладывая внешнюю силу (Fвн). В этом случае тренировочное воздействие оказывается непосредственно на сухожилия мышцы, т. е. на ПосУК.

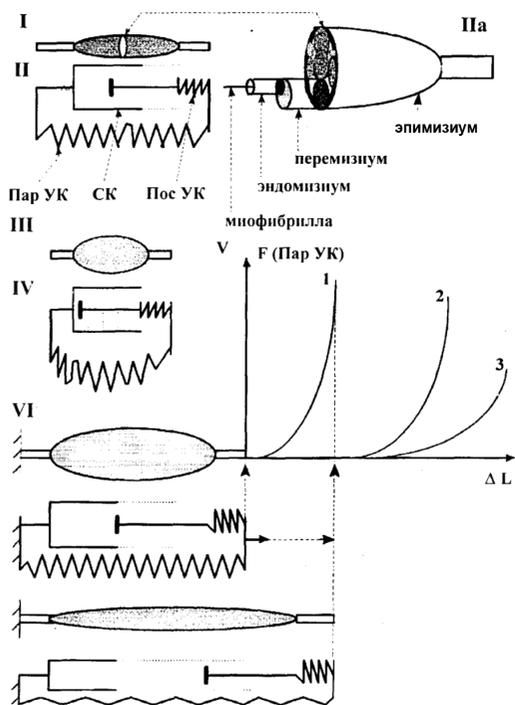


Рис. 1. Зависимость силы сопротивления параллельной упругой компоненты от длины растягивания расслабленной мышцы.

I и II – изолированная мышца и ее механическая модель; III – морфологические структуры мышц, представленные в виде упругого элемента (ПарУК); IV – мышца в укороченном состоянии;

VI – растягивание расслабленной мышцы; V – графики силы сопротивления трех мышц с различным процентным содержанием и длиной ПарУК (1 и 2 – с разной длиной, но высоким содержанием ПарУК; 3 – низкое содержание, но большая длина)

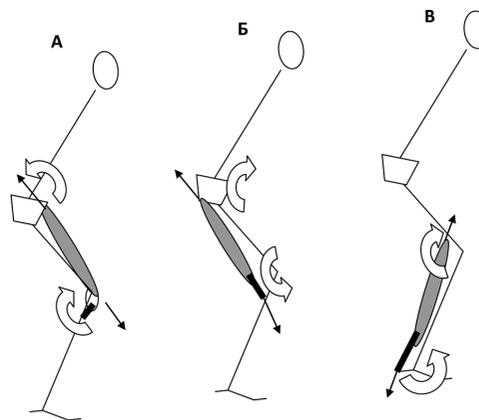


Рис. 2. Растягивание двухсуставных мышц нижних конечностей при тренировке гибкости

Поскольку при сокращении СК усилие не сразу передается на костные рычаги, а только после того, как будет устранено «провисание» мышцы. Согласно третьему закону Ньютона возникает равенство сил между СК и сухожилием, учитывая, что сухожилие практически мало растяжимо в статическом режиме и это не приведет к существенному изменению его длины. Кроме этого, можно предположить, что в случае недостаточной прочности сухожилия, оно будет лимитирующим звеном, не позволяющим передать СК максимальную силу тяги на костный рычаг.

Следует также отметить, что при растягивании укороченной и максимально активной мышцы, например сгибателя ноги в коленном суставе (малые и средние значения суставных углов), основному воздействию подвержены сухожилия, но при больших углах сопротивление оказывают оба упругих элемента, т. е. ПосУК и ПарУК.

Величина силы сопротивления ПосУК растягиванию мышцы зависит от:

- величины активации мышцы;
- длины, на которую растягивают мышцу;
- скорости ее растягивания;
- величины интервала времени от момента ее возбуждения до момента начала ее растягивания. Первые три положения справедливы и для растягивания расслабленной мышцы.

Результаты экспериментальных исследований задержки между началом электрической активности мышц и ее механическим ответом позволили сделать вывод о том, что модель А. Хилла не отражает в полной мере биомеханических свойств мышцы. В последовательной цепи между сократительной компонентой и ПосУК необходимо включить связующую компоненту (СвК). Вопрос о том, какой из структурных элементов мышечного волокна является причиной запаздывания механического ответа мышцы на ее возбуждение, до настоящего времени остается невыясненным. Количественная оценка состояния этой компоненты может в будущем стать мерилем биомеханических свойств мышцы, в том числе и для тестирования гибкости.

Механическое воздействие на мышцу возможно лишь через костный рычаг. Учитывая что мышцы крепятся очень близко к оси вращения костного рычага, создание большой силы воздействия не составит труда для партнера в тренировочном процессе.

Для односуставных мышц растягивание осуществляется соответственно сгибанием или разгибанием в суставе.

По своему функциональному назначению мышцы делятся на сгибатели, разгибатели, ротаторы, приводящие и отводящие мышцы.

Согласно подобной «анатомической» классификации мышца относится к той или иной функциональной группе на основании направления момента, развиваемого ею в суставе.

Однако подобная классификация в ряде случаев не отражает реальных механизмов функционирования, в частности двусуставных мышц нижних конечностей человека, и приводит к парадоксальным результатам. Так, «анатомические» антагонисты разгибания голени — мышцы задней поверхности бедра оказываются в некоторых движениях «функциональными» агонистами, то есть разгибают ногу в коленном суставе.

Изучение двусуставных мышц началось с работ Fick и Duchenne, отметивших, что эти мышцы имеют длинные сухожильные концы, что приводит к уменьшению момента инерции сегментов конечности.

Попытки понять функционирование двусуставных мышц основаны на трех фактах.

Во-первых, все двусуставные мышцы создают в суставах, через которые они проходят, моменты сил противоположной направленности (например, сгибают коленный и разгибают тазобедренный, и наоборот) [4, 6, 10, 11].

Во-вторых, при одновременном сгибании или разгибании в двух смежных суставах длина проходящих через них двусуставных мышц может изменяться очень мало или даже не изменяться вообще — мышцы работают в изометрическом режиме, при этом они укорачиваются в одном суставе и удлиняются в другом.

В-третьих, активность двусуставных мышц позволяет снизить суммарную величину силы, проявляемую всеми мышцами, проходящими через оба сустава.

На схеме рис. 2 показаны направления одновременного движения в смежных суставах нижних конечностей, обеспечивающих растягивание двусуставных мышц.

Так, прямая мышца бедра одним концом крепится к гребню таза, а другим — через коленную чашечку и ее связку к бугорку проксимального конца большой берцовой кости. Рациональная техника механического растягивания этой мышцы представляет собой одновременное сгибание ноги в коленном суставе и разгибание в тазобедренном. При этом желательно обеспечить движением таза вперед.

Особый интерес представляет растяжка двуглавой мышцы (рис. 2 Б). Ее длинная головка крепится своим проксимальным концом к верхнемедиальной поверхности седалищного бугра, а дистальные концы обеих головок прикреплены соответственно к головке малоберцовой кости и к наружной поверхности латерального мыщелка большеберцовой кости. Поворот таза при наклоне туловища вперед с одновременным разгибанием ноги в коленном суставе обеспечивает растягивание этой мышцы. Таким образом, можно заключить, что бытующее мнение о влиянии гибкости позвоночника на эффективность выполнения наклонов вперед неверно. Лимитирующим фактором в этом случае является недостаточная эластичность и длина параллельной упругой компоненты этой мышцы.

Икроножная мышца имеет перистую форму расположения мышечных волокон по отношению к ахиллову сухожилию. Такая конструкция обеспечивает значительно большую площадь поперечного сечения этой

мышцы, а значит, и большую силу тяги, чем у мышц с веретено-образным их расположением. Вследствие этого растягивание мышцы за счет тыльного сгибания стопы весьма проблематично без дополнительного отягощения или технического приспособления в виде удлиненного рычага, прикрепленного к подошве обуви. Весьма эффективными можно считать любые двигательные действия на рыхлом песке на пляже. Возникает вопрос: можно ли специальными упражнениями увеличить длину ПарУК и повысить эластичность последовательной упругой компоненты, т. е. сухожилия, и, как следствие, размах движений (тренировка гибкости)?

Результаты исследований указывают на естественное увеличение гибкости у лиц, не занимающихся спортом до начала периода полового созревания (11–14 лет). Затем размах движений существенно не изменяется приблизительно до 28 лет. Далее происходит уменьшение гибкости и упражнения типа «стретчинг» следует выполнять с особой осторожностью.

Влияние наследственных факторов на гибкость оценивается на основе применения близнецового метода генетики.

Внутрипарные и межпарные сравнения показателей гибкости в суставах у монозиготных (МБ — генетически тождественных) и дизиготных (ДБ — генетически различных) близнецов позволяют судить о доле влияния наследственности и среды на развитие данного физического качества человека [5]. Авторы заключили, что развитие гибкости в суставах человека обусловлено преимущественно наследственными факторами. Так, коэффициент наследственности Хольцингера (от 0 до 1) был равен, в частности, для тазобедренных суставов, позвоночного столба и плечевых суставов 0,700; 0,841 и 0,906 соответственно.

К концу второго года лонгитудинального исследования 40 пар близнецов (21 пара МБ и 19 пар ДБ) наблюдалось снижение влияния наследственных факторов во всех случаях, однако закономерность преимущественного влияния наследственности на развитие признака сохранялась. Авторы объясняют это снижением активности генов, ответственных за развитие изучаемого физического качества.

Вывод. Приведенные факты позволяют заключить, что гибкость хоть и находится на начальной стадии онтогенеза под влиянием наследственных факторов, но по мере развития организма основное влияние на размах движения в суставах оказывает тренировочный процесс. Очевидно, что при отборе детей в спортивные секции не следует, при прочих равных условиях, серьезно принимать во внимание результаты тестов на оценку гибкости.

Литература

1. Вайн А.А. Явление передачи механического напряжения в скелетной мышце / А.А. Вайн. — Тарту, ТГУ, 1990. — 34 с.
2. Вайн А.А. Явление передачи механического напряжения в скелетной мышце: автореф. дис. ... докт. пед. наук / А.А. Вайн. — М., 1993. — 76 с.
3. Доленко Ф.Л. Функциональные возможности суставного аппарата при длительном специализированном упражнении / Ф.Л. Доленко // Теория и практика физ. культуры. — 1967. — № 3. — С. 54–56.
4. Зацюрский В.М. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацюрский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. — М.: Физкультура и спорт, 1981. — 144 с.
5. Зацюрский В.М. О генетических предпосылках к развитию гибкости / В.М. Зацюрский, Н.Ж. Булгакова, Р.М. Рагимов и др. // Теория и практика физ. культуры. — 1973. — № 7. — С. 54–56.

6. Фиделюс К. Функции некоторых двусуставных мышц бедра в спортивных упражнениях: автореф. дис. ... канд. пед. наук / К. Фиделюс. – М., 1959. – 13 с.
 7. Шалманов Ал.А. Методика измерения электромеханического интервала скелетной мышцы / Ал.А. Шалманов, А.В. Григоренко, Ан.А. Шалманов // Труды ученых ГЦОЛИФК: Ежегодник. – М.: ГЦОЛИФК, 1993. – С. 272-277.
 8. Шалманов Ан.А. Четырехкомпонентная механическая модель мышцы / Ан.А. Шалманов, Р.М. Сагитов, А.В. Крылов / Материалы конф. «Моделирование спортивной деятельности человека в искусственно созданной среде (стенды, тренажеры, имитаторы)». – М.: Физкультура, образование, наука, 1999. – С. 236-240.
 9. Hill A.V. The Heat of Shortening and Dynamic constants of Muscle. Proceedings of Royal Society. 1938. V. 126 B. pp. 136-195.
 10. Morrison J.B. Bioengineering analysis of force actions transmitted by the knee joint. Bio. Med. Eng. 1968. V. 8. pp. 164-170.
 11. Morrison J.B. The function of the knee joint in various activities. Bio. Med. Eng. 1969. V. 2. pp. 573-580.
- ✉ **Информация для связи с автором:** AlexandrHAVA@gmail.com

Поступила в редакцию 23.04.2019 г.

УЧЕНЫЕ – ПРАКТИКАМ

КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЦЕНТРОВ ТЕСТИРОВАНИЯ ВФСК ГТО (НА ПРИМЕРЕ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ)

УДК/UDC 796.077.5

Кандидат педагогических наук **Д.С. Якушев**¹

¹Смоленская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, Смоленск

Ключевые слова: комплекс «Готов к труду и обороне», кадровое обеспечение, центр тестирования.

Цель исследования – изучить ресурсы государственной системы образования и ее потенциал в кадровом обеспечении процесса тестирования в рамках комплекса ГТО.

Методика и организация исследования. Исследование проводилось в 2017 г. в Центре тестирования комплекса ГТО на базе Смоленской государственной академии физической культуры, спорта и туризма.

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что в 2017 г. в Смоленской области было привлечено 425 человек для проведения мероприятий по подготовке населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО. Повышение квалификации по комплексу ГТО прошли 166 человек, что позволило им участвовать в оценке выполнения населением нормативов ГТО.

В центрах тестирования Смоленской области в 2017 г. были привлечены 51 человек для подготовки населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО и 56 человек для оценки населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО, при этом 9 человек, представляющие центры тестирования, прошли повышение квалификации. Характерно, что 264 и 193 человека общеобразовательных организаций приняли участие по подготовке и оценке населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО. 36 сотрудников общеобразовательных организаций Смоленской области в 2017 г. прошли повышение квалификации по комплексу ГТО.

В учреждениях дополнительного образования 53 человека были привлечены к мероприятиям по подготовке и 64 – к оценке населения к выполнению нормативов

испытаний (тестов) комплекса ГТО, а 9 человек прошли повышение квалификации.

Следует отметить, что 9 сотрудников физкультурно-спортивных учреждений и 21 человек предприятий в 2017 г. на территории Смоленской области осуществляли мероприятия по подготовке населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО. К этому необходимо добавить, что 107 сотрудников физкультурно-спортивных учреждений и 16 человек предприятий осуществляли комплексную оценку населения к выполнению нормативов испытаний (тестов) комплекса ГТО. За отчетный период 9 человек физкультурно-спортивных учреждений и 98 человек на предприятиях прошли повышение квалификации по комплексу ГТО.

Вывод. В подготовке кадрового потенциала по комплексу ГТО опорными центрами должны быть спортивные вузы, подведомственные Министерству спорта Российской Федерации. Там, где таких вузов нет, при наличии базы и квалифицированных кадров, в работе по повышению квалификации для работы по комплексу ГТО могут быть использованы факультеты и институты физической культуры и спорта системы Министерства образования и науки Российской Федерации.

Использованная литература

1. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне»: документы и методические материалы / Н.В. Паршикова, В.В. Бабкин, П.А. Виноградов, В.А. Уваров. – М.: Советский спорт, 2014. – 60 с.
2. Губа В.П. Теория и методика современных спортивных исследований: монография / В.П. Губа, В.В. Маринич. – М.: Спорт, 2016. – 230 с.

✉ **Информация для связи с автором:** daiman555@mail.ru

Поступила в редакцию 05.03.2019 г.