Министерство спорта и туризма Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет физической культуры»

Е.Б.Комар

Г.М.Броновицкая

**адаптационные изменения**

**мышечной системы у спортсменов**

Учебное наглядное пособие

для управляемой самостоятельной работы студентов

Минск

БГУФК

2021

Рецензенты:

заведующий кафедрой спортивной медицины учреждения образования «Белорусский государственный университет физической культуры»,

кандидат медицинских наук, доцент *К. Э. Зборовский;*

доцент кафедры физической реабилитации учреждения образования

«Белорусский государственный университет физической культуры»,

кандидат педагогических наук *И. В. Болдышева*

**Комар, Е. Б.**

**Адаптационные** изменения мышечной системы у спортсменов : учеб. нагляд. пособие для управляемой самостоятельной работы студентов / Е. Б. Комар, Г. М. Броновицкая. – Минск : БГУФК, 2021. – 14 с.

Организм человека на протяжении всей жизни попадает в различные для него условия, к которым вынужден приспосабливаться. Процесс повышения устойчивости организма к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды называется **адаптацией**.Регуляция этого процесса обеспечивается нервной системой, осуществляющей связь организма с внешней средой; сосудистой, пищеварительной, дыхательной, эндокринной системами и, конечно же, системой исполнения, которой является опорно-двигательный аппарат.

Физическая нагрузка относится к числу внешних воздействий на организм. Морфофункциональная адаптация к повышенной физической нагрузке, которой подвержены спортсмены при длительной систематически повторяющейся физической работе, затрагивает разные уровни всех систем организма. Различный характер и интенсивность физических нагрузок приводят к адаптационным изменениям скелетных мышц на субклеточном, клеточном и органном уровнях. Характер и объем адаптивных изменений зависят от спортивной специализации, возраста, стажа, квалификации.

Современный спорт характеризуется высокими физическими нагрузками, которые предъявляют повышенные требования ко всем системам организма спортсмена, в том числе и скелетным мышцам. Поэтому изучение изменений, происходящих в мышцах под влиянием разных двигательных режимов на макроскопическом, микроскопическом и субклеточном уровнях, имеет большое теоретическое и практическое значение, так как изменение в строении мышц отражается и на их функциональных возможностях.

Знание основных общебиологических принципов морфофункциональной адаптации мышечной системы к физическим нагрузкам может помочь тренеру сознательно и обоснованно выбрать режим тренировок, оценить функциональные ресурсы мышц для правильного планирования максимальных нагрузок и восстановительных периодов, подобрать оптимальный режим нагрузок, что приведет к достижению спортсменами высоких результатов.

Структурные изменения, которые происходят в мышцах под влиянием систематических физических нагрузок, называются **рабочей гипертрофией мышечной ткани**. Она является результатом утолщения мышечных волокон, что влияет на увеличение выносливости, то есть на повышение способности к продолжительной работе. Гипертрофия мышц происходит также за счет увеличения количества и объема миофибрилл, что приводит к увеличению силы мышц.

**Методы исследования мышечной системы**

Исследования мышечной системы направлены на получение сведений о степени развития мышечной массы, мышечном тонусе, мышечной силе, двигательной активности, координации движений.

Среди многообразия методов исследования мышц можно выделить следующие: антропометрический, функциональный и микроскопический.

***Антропометрический метод***

Антропометрический метод позволяет определить степень развития мышц на основании данных антропометрического измерения (обхватных размеров).

На основании формул, предложенных Я.Матейко, можно аналитическим путем вычислить компонентный состав тела, в том числе, абсолютное количество мышечной массы, которое определяется по формуле:

М = Lr2k, где М – абсолютное количество мышечного компонента, кг; L – длина тела, см; r – величина окружностей плеча, предплечья, бедра и голени (за вычетом кожно-жирового слоя в измеряемых местах); k – константа, равная 6,5.

На рисунках показаны места измерения обхватных размеров:

плеча предплечья бедра голени

***Функциональные методы***

К функциональным методам относятся тонометрия и динамометрия. Благодаря функциональным методам определяются силовые качества конкретных мышечных групп с помощью специальных приборов – динамометров. Тонометрия – метод измерения мышечного тонуса с помощью тонометров.

Для тренера наиболее важна количественная характеристика развития мускулатуры. Размеры периметров плеча, предплечья, бедра и голени при динамических наблюдениях позволяют судить о степени развития мускулатуры, а данные динамометрии, особенно определение силы отдельных групп мышц (полидинамометрия), помогают индивидуализировать силовую подготовку спортсмена;

Электромиография (ЭМГ) – метод исследования функционирования скелетных мышц посредством регистрации их электрической активности.

***Микроскопический метод***

В основе микроскопического метода лежит изучение волокон мышечной ткани под микроскопом. Для этого в процессе тренировки проводится биопсия мышц – извлечение крошечного кусочка ткани из брюшка мышцы.

В различных видах спорта нагрузка на мышцы различна как по интенсивности, так и по объему. Морфологические изменения скелетных мышц различаются в зависимости от характера нагрузки (динамическая или статическая).

**Изменения мышц при статических нагрузках**

Нагрузки преимущественно статического характера ведут к быстрому и значительному увеличению объема и веса мышц:

* увеличивается площадь прикрепления мышц к костям;
* удлиняется сухожильная часть мышц;
* мышечное брюшко укорачивается и расширяется;
* происходит перестройка в расположении мышечных волокон в сторону более перистого строения;
* увеличивается количество саркоплазмы, что приводит к утолщению мышечных волокон. А также повышается число митохондрий и ядер в мышцах;
* количество плотной соединительной ткани в мышцах между мышечными пучками увеличивается, что создает дополнительную опору. Кроме того, соединительная ткань по своим физическим качествам значительно противостоит растяжению и ведет к закономерному уменьшению мышечного напряжения. Поэтому при применении статических силовых нагрузок ухудшаются показатели гибкости, что следует учитывать в некоторых видах спорта для соблюдения необходимого баланса;
* миофибриллы в мышечном волокне располагаются рыхло, длительное сокращение мышечных пучков затрудняет приток артериальной крови и отток венозной крови, что может привести к застойным явлениям в мышцах. На этом фоне усиленно развивается капиллярная сеть.

**Изменения мышц при динамических нагрузках**

При нагрузках преимущественно динамического характера (бег, плавание и др.) вес и объем мышц также увеличиваются, но в меньшей степени:

* укорачивается сухожильная часть мышц;
* мышечное брюшко удлиняется;
* мышечные волокна располагаются более параллельно, по типу веретенообразных;
* умеренно увеличивается количество плотной соединительной ткани;
* увеличивается количество миофибрилл в мышечных волокнах, а саркоплазмы становится меньше. Ядра в мышечных клетках вытягиваются, отчетливо проявляется поперечная исчерченность;
* количество нервных волокон в мышцах увеличивается в 4–5 раз;
* увеличивается диаметр основных сосудистых стволов, артерио-венозных анастомозов и количество капилляров, что связано с чередованием сокращений и расслаблений мышц. Кровообращение в мышцах не нарушается. Работа в динамическом режиме способствует не только увеличению притока артериальной крови к работающим мышцам, но и интенсивности венозного оттока, что обеспечивает быстрое удаление конечных продуктов обмена и препятствует развитию состояния утомления.

Таким образом, под влиянием физических нагрузок в мышцах происходит сложная структурная перестройка, в основе которой лежит гипертрофия мышечной ткани.

Приведенное выше сравнение изменений, происходящих в мышцах при статической и динамической работе, наглядно показывает, что наилучшим методом физической тренировки является сочетание статических и динамических упражнений, способствующее выработке силы, выносливости и координации движений.

Мышечная ткань претерпевает морфологические изменения и в зависимости от интенсивности физических нагрузок.

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.

**Изменения силы мышц**

Широкое применение метода динамометрии позволило установить силу отдельных групп мышц у спортсменов. Сила мышц – одно из важнейших качеств человека. Это величина непостоянная и зависит от пола, возраста, характера работы и строения мышцы.

Установлено, что до 4–5 лет показатели силы различных мышечных групп мало различаются. Первое увеличение массы скелетных мышц приходится на 6–7 лет. Причем увеличиваются они не одинаково: больше всего возрастает сила мышц разгибателей позвоночника и бедра, а также сила разгибателей голени.

Второе увеличение мышечной массы наблюдается в возрасте 14–17 лет, когда происходит активация половых гормонов. Максимальных величин сила мышц достигает к 18–20 годам у юношей и 20–22 годам у девушек. На достаточно высоком уровне сила мышц сохраняется до 40–50 лет, после чего по мере старения мышечная масса уменьшается.

**Топография мышечной силы**

Расположение мышечных групп, наиболее востребованных в различных видах спорта, соотношение величины силы этих групп мышц получила название **топографии мышечной силы**.

Развитие мускулатуры косвенно оценивается по обхватам конечностей.

Регулярные тренировки увеличивают силу мышц на 40–60 % от исходной. Специалисты считают, что специально подобранными упражнениями можно добиться увеличения силы мышц втрое. Увеличение силы мышц у спортсменов различных специализаций имеет определенную специфику и, как правило, касается больше всего тех групп мышц, которые наиболее задействованы в выполнении характерных для конкретного вида спорта движений.

У спортсменов различных специализаций наблюдается неодинаковое развитие скелетных мышц, а следовательно, и силовых качеств. Так, у гимнастов больше развит плечевой пояс; у боксеров – мышцы груди, верхних конечностей и голени; у борцов – мышцы спины и верхних конечностей. У борцов и боксеров тяжелых весовых категорий, толкателей ядра и метателей увеличение мышечной массы повышает силовые возможности и результативность спортсменов. Наиболее равномерно развита мышечная масса у гребцов. У прыгунов и бегунов наоборот, чрезмерное развитие мышечной массы в области пояса верхних конечностей неблагоприятно влияет, затрудняя достижение спортсменами высоких результатов.

В показателях силы мышц верхних конечностей (мышц-сгибателей и разгибателей предплечья, разгибателей плеча) явное преимущество имеют спортсмены, специализирующиеся в хоккее и ручном мяче, по сравнению с лыжниками-гонщиками и велосипедистами. В силе мышц-сгибателей плеча заметно превосходство лыжников над гандболистами, хоккеистами и велосипедистами. Больших различий в силе мышц верхних конечностей между хоккеистами и гандболистами не наблюдается. Довольно четкие различия отмечаются в силе мышц-разгибателей плеча, причем лучший показатель у хоккеистов (73 кг), несколько хуже у гандболистов (69 кг), лыжников (60 кг) и велосипедистов (57 кг). У не занимающихся спортом этот показатель составляет всего 48 кг.

Показатели силы мышц нижних конечностей также различны у занимающихся разными видами спорта. Величина силы разгибателей голени больше у гандболистов (77 кг) и хоккеистов (71 кг), меньше у лыжников-гонщиков (64 кг), еще меньше у велосипедистов (63 кг) В силе мышц-разгибателей бедра большое преимущество у хоккеистов (177 кг), тогда как у гандболистов, лыжников и велосипедистов существенных различий в силе этой группы мышц нет (139–142 кг).

Особенно интересны различия в силе мышц-сгибателей стопы и разгибателей туловища, способствующих в первом случае отталкиванию, а во втором – удержанию позы. У хоккеистов показатели силы мышц-сгибателей стопы составляют 187 кг, у велосипедистов – 176 кг, у гандболистов – 146 кг. Сила мышц-разгибателей туловища у гандболистов равна 181 кг, у хоккеистов – 177 кг, а у велосипедистов – 149 кг. Следует отметить, что у не занимающихся спортом сила мышц-сгибателей стопы существенно меньше.

В момент нанесения удара в боксе особая нагрузка падает на мышцы сгибатели кисти и пальцев, активное напряжение которых обеспечивает жесткость звена. Во время боя большую нагрузку в области туловища несут мышцы разгибатели позвоночного столба, при активном участии которых осуществляется нанесение различных ударов. В области нижних конечностей наиболее сильного развития у боксеров достигают сгибатели и разгибатели бедра, разгибатели голени и сгибатели стопы. В значительно меньшей степени развиты мышцы разгибатели предплечья и сгибатели плеча, сгибатели голени и разгибатели стопы. При этом при переходе от первой весовой категории к шестой увеличение силы наиболее задействованных групп мышц происходит в большей степени, чем увеличение относительно «слабых», менее участвующих в движениях боксера, мышц.

Систематическое выполнение определенных физических упражнений способствует не только изменению функциональных возможностей мышц, но изменяет также их внешнюю форму и внутреннюю структуру.

Таким образом, спортивная тренировка увеличивает силу мышц, эластичность, характер проявления силы и другие функциональные качества. Однако, несмотря на регулярные тренировочные занятия, бывают состояния, когда сила мышц начинает снижаться и спортсмен не может повторить свой прежний результат. В связи с этим тренеру очень важно знать, какие изменения происходят в мышцах под влиянием физической нагрузки, какой двигательный режим рекомендовать спортсмену; должен ли спортсмен придерживаться полного покоя и минимального объема движений, сделать перерыв в тренировочном процессе или проводить тренировки с постепенным уменьшением нагрузки.

**Вопросы и задания для контроля знаний**

Для правильного выполнения контрольных заданий по теме «Адаптационные изменения мышечной системы у спортсменов» воспользуйтесь текстом этого учебного наглядного пособия.

1. **Как называется процесс повышения устойчивости организма к изменяющимся условиям внешней и внутренней среды?** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
2. **Перечислите уровни, на которых происходят адаптационные изменения мышечной системы у спортсменов:**
3. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_;
4. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_;
5. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
6. **Структурные изменения в мышцах под влиянием систематических физических нагрузок – это** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.
7. **Методы исследования мышечной системы** (подчеркните правильные ответы):

функциональный;

антропометрический;

метод аускультации;

метод перкуссии;

микроскопический;

эхокардиографический.

1. **Рабочая гипертрофия мышечной ткани является результатом** (выберите правильные варианты):
2. утолщения мышечных волокон;
3. удлинения мышечных волокон;
4. увеличения количества миофибрилл;
5. увеличения объема миофибрилл.
6. **Мышечная нагрузка по характеру бывает**
7. **Заполните таблицу:**

|  |
| --- |
| Изменения мышц при физических нагрузках |
| Статические нагрузки | Динамические нагрузки |
| 1. | 1. |
| 2. | 2. |
| 3. | 3. |

*Варианты ответа:* укорачивается сухожильная часть мышц; мышечное брюшко укорачивается и расширяется; увеличивается количество миофибрилл; увеличивается количество саркоплазмы; удлиняется сухожильная часть мышц; мышечное брюшко удлиняется.

1. **Метод определения силы мышц** (подчеркните правильный ответ):

динамометрия;

тонометрия;

антропометрия.

1. **Максимальных величин сила мышц достигает у юношей к**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **годам, у девушек к** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **годам.**
2. **У гимнастов больше развиты мышцы** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**; равномерно развита мышечная масса у**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**; у спортсменов, специализирующихся в хоккее и гандболе больше развиты мышцы** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**.**

**Список Рекомендуемой литературы**

1. Иваницкий, М. Ф. Анатомия человека (с основами динамической и спортивной морфологии) : учеб. для вузов физ. культуры / М. Ф. Иваницкий ; [под ред. Б. А. Никитюка, А. А. Гладышевой, Ф. В. Судзиловского]. – [13-е изд.]. – М. : Спорт, 2016. – 624 с.
2. Мартиросов, Э. Г. Применение антропологических методов в спорте, спортивной медицине и фитнесе : учеб. пособие / Э. Г. Мартиросов, С. Г. Руднев, Д. В. Николаев. – М. : Физическая культура, 2009. – 144 с.
3. Броновицкая, Г. М. Анатомия человека : учебник : в 2 ч. / Г. М. Броновицкая, Л. А. Лойко. – 5-е изд. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – Ч. 1 : Остеология, артросиндесмология и миология. – 374 с.
4. Анатомия с основами спортивной морфологии : учеб. пособие /
[П. И. Кривошапкин и др.] ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Сев.-Вост. федер. ун-т им. М.К.Аммосова, Ин-т физ. культуры и спорта. – Якутск : СВФУ, 2019. – 149 с.

*Учебное издание*

**Комар** Елена Брониславовна

**Броновицкая** Галина Михайловна

**адаптационные изменения**

**мышечной системы у спортсменов**

Учебное наглядное пособие

для управляемой самостоятельной работы студентов

Ответственный за выпуск *Е. Б. Комар*

Подписано в печать 26.05.2021. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Ризография.
Усл.-печ. л. 0,99. Уч.-изд. л. 0,32. Тираж 608 экз. Заказ 284.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Учреждение образования

«Белорусский государственный университет физической культуры».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/153 от 24.01.2014.

Пр. Победителей, 105, 220020, Минск.