

*Рахматов Ахмеджан Ибрагимович*

канд. пед. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет»

г. Москва

## **НЕРВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ МЫШЕЧНУЮ СИЛУ СПОРТСМЕНА**

*Аннотация:* в статье проводится анализ мышечной силы, которая зависит от большого числа факторов, которые разделяются на две группы: мышечные (периферические) и нервные (центральные). Известно также, что мышечные волокна в составе двигательных единиц работают синхронно, как единое целое. Следовательно, работа мышц и уровень проявляемой ими силы во многом зависят от особенностей функционирования и координации деятельности многочисленных мотонейронов, т.е. от механизмов деятельности ЦНС.

*Ключевые слова:* нервные импульсы, мышечные волокна, частота раздражения, состояние спортсменов, сила сокращения.

Было установлено, что сила мышечных сокращений зависит от следующих нервных факторов.

- частота нервных импульсов, поступающих к мышечным волокнам;
- число участвующих в сокращении мышечных волокон (число активных ДЕ);
- синхронность работы ДЕ;
- координация работы ДЕ мышц-синергистов и антагонистов.

Рассмотрим более подробно эти механизмы.

Частота нервных импульсов. Характер сокращений мышечных волокон (режим мышечных сокращений) зависит от частоты раздражений, поступающих к мышце. Эта зависимость носит сложный характер. При редких раздражениях (меньше 5–8 Гц) мышцы сокращаются в режиме одиночных сокращений, т.е. успевают полностью расслабиться до прихода следующего раздражения. При более частых раздражениях мышца полностью расслабиться не успевает, и

отдельные сокращения суммируются- режим тетанических сокращений. Если мышца частично расслабляется. то такой режим сокращений называется зубчатым тетанусом, если расслабление полностью отсутствует – гладкий тетанус. Особо следует выделить частоту раздражений, при которой отмечается наибольшее по величине усилие.

В естественных условиях раздражителями для мышечных волокон служат нервные импульсы, поступающие от мотонейронов. В искусственных условиях в качестве раздражителей для мышц могут служить импульсы электрического тока (электростимуляция).

Следовательно, для проявления наибольшей силы следует организовать работу всех мотонейронов данной мышцы так, чтобы к каждому мышечному волокну поступали нервные импульсы с оптимальной частотой. Иными словами, чем ближе к оптимуму частота импульсов, поступающих к волокнам, тем больше сила сокращения мышцы. При достижении оптимума сила сокращения будет наибольшей.

В данном случае следует отметить два важных момента.

Первый. Для каждого типа мышечных волокон оптимум частоты раздражения различен: для волокон I типа (медианные) находится в пределах 15–20 Гц, II-A типа (быстрые, медленно утомляемые) – 30–40 Гц, II-B типа (быстрые, быстро утомляемые) – более 40 Гц.

Второй. Оптимум частоты раздражения не является постоянной величиной и может меняться в зависимости от текущего состояния спортсмена, времени суток, условий внешней среды.

Данное обстоятельство предопределяет сложность управления параметрами мышечных сокращений, как произвольных, так и вызванных. Однако точность управления параметрами произвольных сокращений достигается за счет сложной аналитико-синтетической деятельности ЦНС, о чем будет сказано ниже. В свою очередь управление параметрами вызванных сокращений достигается за счет изменения частоты электрических импульсов при электростимуляции.

Кроме того, следует отметить, что переход импульса возбуждения на волокна осуществляется за счет нервно-мышечных синапсов, передача возбуждения в которых возможна только посредством химических соединений (медиаторов). В случае уменьшения запасов медиатора, а также веществ, необходимых для функционирования структур синапса, проведение возбуждения затрудняется. Это может привести к снижению частоты импульсов, передаваемых на мышечные волокна, и, как следствие, к изменению режима работы мышц.

Число активных двигательных единиц. Сила мышечных сокращений напрямую зависит от числа сокращающихся мышечных волокон-чем большее число мышечных волокон участвуют в сокращении, тем большую силу развивает мышца. Выше уже отмечалось, что сокращение мышечных волокон происходит только при поступлении импульсов возбуждения от соответствующих мотонейронов. Следовательно, сила сокращения мышц зависит от числа активных в данный момент  $\alpha$ -мотонейронов спинного мозга, которые сами по себе являются основой двигательных единиц.

Так, при слабом напряжении мышцы активными являются небольшое число ДЕ. Соответственно небольшое число мышечных волокон участвуют в сокращении. Наоборот, сильное сокращение обусловлено активностью большого числа ДЕ. Важно при этом учитывать особенность вовлечения в сокращение двигательных единиц разного типа. Легче всего включаются в работу медленные ДЕ (S тип). Они активизируются даже при самых слабых сокращениях. В то же время быстрые ДЕ, устойчивые к утомлению (FR тип), включаются в работу при достижении силы сокращения 20–25% и  $\gamma$  максимальной. Быстрые ДЕ, быстро утомляемые (FF тип), включаются в работу при достижении силы сокращения 50% и более от максимальной величины.

Принято считать, что лица, не занимающиеся спортом, при произвольном сокращении могут вовлекать в сократительный процесс не более 40–50% двигательных единиц. Однако сильнейшие спортсмены способны вовлекать до 75% и более  $\alpha$  их общего числа. Все ДЕ в обычных условиях человек вовлекать в сократительный процесс не может. Вместе с тем, при определенных условиях,

например в состоянии аффекта, удастся активизировать практически все двигательные единицы. Данный механизм представляет собой значительный резерв для повышения мышечной силы в процессе спортивной тренировки.

Синхронность работы двигательных единиц. Для достижения больших усилий важно не только активизировать возможно большее число ДЕ, но и добиваться их синхронной (одновременной) работы. При синхронной работе, а питательных единиц возникает быстрое и очень сильное сокращение мышцы. При асинхронной (неодновременной) активности ДЕ имеет место растянутое во времени и слабое сокращение мышцы.

Изменение числа активных двигательных единиц и синхронности их работы характеризуется как внутримышечная координация. При совершенной внутримышечной координации спортсмен может синхронно активизировать большое число двигательных единиц разных типов. Следовательно, целенаправленное совершенствование внутримышечной координации должно стать важным направлением специальной силовой подготовки спортсменов.

Координация работы ДЕ мышц-синергистов и антагонистов. Общеизвестно, что движение в суставах обеспечивается взаимодействием мышц-синергистов и антагонистов. Для проявления силы мышц большое влияние оказывает степень напряжения их антагонистов. Для проявления наибольшей силы необходимо, чтобы соответствующие мышцы-антагонисты были максимально расслаблены. В противном случае часть силы мышцы будет затрачиваться на преодоление напряжения ее антагониста. Например, двуглавая мышца плеча сокращается и развивает силу 30 кг, а трехглавая мышца плеча (ее антагонист) в это время напряжена и развивает усилие 4 кг. В результате будет происходить сгибание предплечья с результирующей силой в 26 кг.

Для наибольшего расслабления мышц-антагонистов необходимо максимально снизить активность (затормозить) их нервных центров. Иными словами, нервные клетки, иннервирующие данную мышцу, должны быть максимально заторможены и посылать к мышце-антагонисту как можно меньшее число нервных

импульсов. Отсюда взаимодействие нервных процессов в центрах мышц-синергистов и антагонистов характеризуется как межмышечная координация.

Таким образом, управление параметрами мышечных сокращений (силой и скоростью сокращения) осуществляется за счет координации деятельности большого числа а-мотонейронов спинного мозга, иннервирующих не только данную мышцу, но и мышц-синергистов и антагонистов. Однако сами а-мотонейроны спинного мозга только «управляют» работой мышечных волокон в составе ДЕ. Следовательно, необходимо наличие других нервных клеток, которые осуществляют координацию деятельности мотонейронов. Такие клетки находятся в спинном мозге, а также в отдельных участках головного мозга, включая кору больших полушарий. Именно их совместная деятельность обеспечивает необходимое управление мышцами. При этом участие отдельных нервных центров в управлении зависит от характера и сложности движений.

### *Список литературы*

1. Булич Э.Г. Физическая культура и здоровье / Э.Г. Булич. – М.: Знание, 1991.
2. Курамшин Ю.Ф. Теория и методика физической культуры: учебник / Ю.Ф. Курамшин. – М.: Советский спорт, 2003.
3. Верхошанский Ю.В. Основы специальной силовой подготовки в спорте / Ю.В. Верхошанский. – М.: Физкультура и спорт, 1970.
4. Матвеев Л.П., Новиков А.Д. Теория и методика физического воспитания: учеб. для ин-тов физ. культуры. изд. 2-е. испр. и доп. (в 2-х т.) / Л.П. Матвеев, А.Д. Новиков. – М.: Физкультура и спорт, 1976.
5. Ашмарин Б.А. Теория и методика физического воспитания: учеб. для студентов фак. физ. культуры пед. ин-тов / Б.А. Ашмарин, Ю.А. Виноградов, З.Н. Вяткина [и др.]; под ред. Б.А. Ашмарина. – М.: Просвещение, 1990.
6. Холодов Ж.К. Теория и методика физического воспитания и спорта: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Ж.К. Холодов, В.С. Кузнецов. – М.: Издательский центр «академия», 2000.