

Самсонова, А.В. Оценка направленности силовых упражнений / А.В. Самсонова, Н.Б. Кичайкина, М.А. Борисевич // Труды кафедры биомеханики: Междисциплинарный сборник статей /НГУ им. П.Ф. Лесгафта, Санкт-Петербург; сост. А.В. Самсонова, С.А. Пронин.— СПб.: Из-во "Олимп", 2009.— Вып.2.— С. 108-121.

Виды спорта, объединенные под общим названием «Атлетизм», требуют особого внимания к развитию и совершенствованию той стороны моторики человека, которая получила название «силовые способности». Основным средством развития силовых способностей являются силовые упражнения.

В настоящее время накоплен огромный арсенал силовых упражнений, применяемых спортсменами (А.Шварцнеггер, 1993; Б. Вейдер, 2003; Л.С.Дворкин, 2005; Ф.Делавье,2006). Однако, отсутствие биомеханического обоснования, а главное – четкого критерия оценки степени значимости и влияния (направленности) этих упражнений на развитие силового потенциала мышц (групп мышц), существенно снижает качество и эффективность тренировочного процесса.

Цель исследования: предложить критерий, на основе которого можно оценить направленность силового упражнения. Иными словами, ответить на вопрос: «Силу какой мышцы (группы мышц) в первую очередь развивает упражнение?»

Для достижения поставленной цели применялись следующие **методы исследования:**

- Фото- и видеосъемка.
- Биомеханический анализ силовых упражнений.
- Исследование морфометрии мышц.

Фото- и видеосъемка производилась цифровой фотокаме-

рой Canon Power Shot A620 с разрешением матрицы – 7,1 мегапикселей. Для регистрации положения атлета в граничной позе при выполнении силового упражнения использовалась фотосъемка. Фотография снималась с максимальным качеством (разрешение 3878 на 2303 пикселей). Для регистрации выполнения атлетом силового упражнения использовалась видеосъемка. Видеосъемка производилась в двух режимах: первый – с разрешением 640 на 480 пикселей с частотой кадров 30 кадр/с, второй – с разрешением 320 на 240 пикселей с частотой 60 кадр/с.

Биомеханический анализ силовых упражнений

Измерить силу тяги мышц в условиях целостного организма при выполнении физических упражнений практически не удается. Исключением можно считать исследования П.В.Коми (P.V.Komi, 1990), зарегистрировавшего силу, развиваемую в ахилловом сухожилии при выполнении человеком бега, ходьбы и педалирования на велосипеде. В настоящей работе предлагается методика косвенного определения мышечных усилий в сочленениях кинематической цепи нижних конечностей при выполнении упражнений, направленных на развитие силовых способностей. Суть ее состоит в следующем.

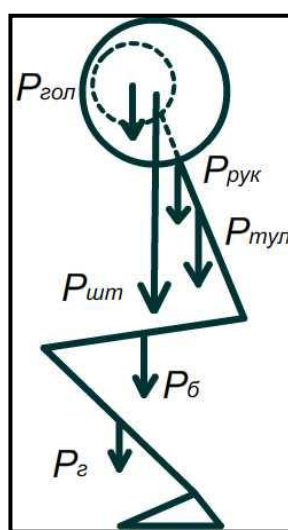
Тело человека моделируется системой, состоящей из 14-ти подвижных звеньев. При выполнении силового упражнения в каждой граничной позе (в момент смены направления движения штанги) биомеханическая система «атлет-штанга» удовлетворяет условиям равновесия. Равновесие многозвенной, подвижной биомеханической системы, прежде всего, требует фиксации межзвенных углов. Механизм фиксации межзвенного угла состоит в том, что момент силы тяжести штанги и моменты сил тяжести звеньев тела (статические моменты) должны быть уравновешены суставным моментом.

Суставной момент представляет собой сумму моментов сил мышечных тяг, обслуживающих данный сустав.

На основе модели тела человека в масштабе 1:4 были составлены расчетные схемы (РАС) граничных поз при выполнении двух силовых упражнений: полуприседа со штангой массой 150 кг на плечах (рис. 1 а, б) и жима ногами штанги массой 200 кг лежа на тренажере (рис. 2 а, б).



а



б

Рис.1. Граничная поза при выполнении полуприседа со штангой на плечах (а), и расчетно-графическая схема (б)

Согласно РАС (рис. 1 б), были составлены уравнения моментов сил тяжести звеньев тела и штанги относительно тазобедренного ($\sum M_{TC}$), коленного ($\sum M_{KC}$) и голеностопного ($\sum M_{GC}$) суставов в граничной позе при выполнении

спортсменом полуприседа со штангой на плечах (1-3)¹:

$$\sum M_{TC} = \frac{P_{шт}}{2} h_{шт(TC)} + \frac{P_{гол}}{2} h_{гол(TC)} + P_{рук} h_{рук(TC)} + \frac{P_{тул}}{2} h_{тул(TC)} \quad (1),$$

$$\sum M_{KC} = \frac{P_{шт}}{2} h_{шт(KC)} + \frac{P_{гол}}{2} h_{гол(KC)} + P_{рук} h_{рук(KC)} + \frac{P_{тул}}{2} h_{тул(KC)} + P_{б} h_{б(KC)} \quad (2),$$

$$\sum M_{GC} = \frac{P_{шт}}{2} h_{шт(GC)} + \frac{P_{гол}}{2} h_{гол(GC)} + P_{рук} h_{рук(GC)} + \frac{P_{тул}}{2} h_{тул(GC)} + P_{б} h_{б(GC)} + P_{з} h_{з(GC)} \quad (3),$$

где: $P_{шт}$ – сила тяжести штанги; $P_{гол}$ – сила тяжести головы атлета; $P_{рук}$ – сила

¹ С учетом предполагаемой модели ОДА спортсмена предполагается, что нагрузка равномерно распределяется на правую и левую часть тела.

тяжести рук атлета; $P_{тул}$ – сила тяжести туловища атлета; $P_{б}$ – сила тяжести бедра; $P_{г}$ – сила тяжести голени; $h_{ум(ТС)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно тазобедренного сустава; $h_{ум(КС)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно коленного сустава; $h_{ум(ГС)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно голеностопного сустава; $h_{гол(ТС)}$ – плечо силы тяжести головы относительно тазобедренного сустава; $h_{гол(КС)}$ – плечо силы тяжести головы относительно коленного сустава; $h_{гол(ГС)}$ – плечо силы тяжести головы относительно голеностопного сустава; $h_{рук(ТС)}$ – плечо силы тяжести руки относительно тазобедренного сустава; $h_{рук(КС)}$ – плечо силы тяжести руки относительно коленного сустава; $h_{рук(ГС)}$ – плечо силы тяжести руки относительно голеностопного сустава; $h_{тул(ТС)}$ – плечо силы тяжести туловища относительно тазобедренного сустава; $h_{тул(КС)}$ – плечо силы тяжести туловища относительно коленного сустава;

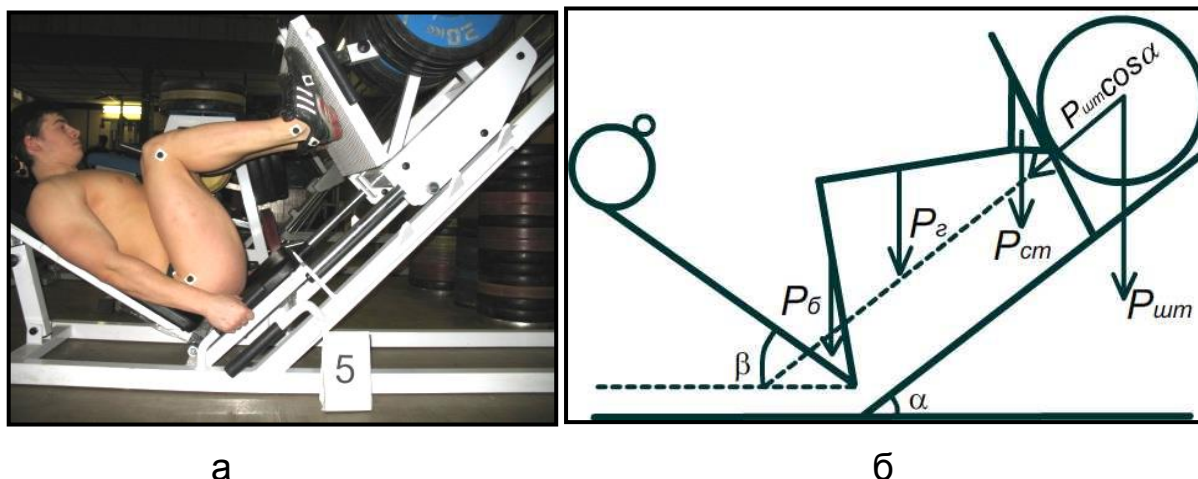


Рис.2. Граничная поза при выполнении спортсменом жима штанги лежа на тренажере (а) и расчетно-графическая схема (б)

$h_{тул(ГС)}$ – плечо силы тяжести туловища относительно голеностопного сустава; $h_{б(КС)}$ – плечо силы тяжести бедра относительно коленного сустава; $h_{б(ГС)}$ – плечо силы тяжести бедра туловища относительно голеностопного сустава

Согласно РАС (рис. 2 б) составлены уравнения моментов сил тяжести штанги и звеньев нижних конечностей относительно тазобедренного, коленного и голеностопного суставов при выполнении жима штанги ногами, лежа на тренажере (4-6):

$$\sum M_{ТС} = \frac{P_{ум} \cos \alpha}{2} h_{ум(ТС)} + P_{см} h_{см(ТС)} + P_{г} h_{г(ТС)} + P_{б} h_{б(ТС)} \quad (4),$$

$$\sum M_{КС} = \frac{P_{ум} \cos \alpha}{2} h_{ум(КС)} + P_{см} h_{см(КС)} + P_{г} h_{г(КС)} \quad (5),$$

$$\sum M_{zc} = \frac{P_{um} \cos \alpha}{2} h_{um(GC)} + P_{cm} h_{cm(GC)} \quad (6),$$

где: $P_{um} \cos \alpha$ – скатывающая составляющая силы тяжести штанги P_{um} (сила давления на стопы атлета); P_{cm} – сила тяжести стопы; P_2 – сила тяжести голени; P_6 – сила тяжести бедра; $h_{cp(TC)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно тазобедренного сустава; $h_{cp(KC)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно коленного сустава; $h_{cp(GC)}$ – плечо силы тяжести штанги относительно голеностопного сустава; $h_{cm(TC)}$ – плечо силы тяжести стопы относительно тазобедренного сустава; $h_{cm(KC)}$ – плечо силы тяжести стопы относительно коленного сустава; $h_{cm(GC)}$ – плечо силы тяжести стопы относительно голеностопного сустава; $h_{2(TC)}$ – плечо силы тяжести голени относительно тазобедренного сустава; $h_{2(KC)}$ – плечо силы тяжести голени относительно коленного сустава; $h_{6(TC)}$ – плечо силы тяжести бедра относительно тазобедренного сустава.

Сила тяжести и положения центров тяжести (ЦТ) отдельных звеньев тела определялись стандартным способом (Е.К.Жуков, Е.Г.Котельникова, Д.А.Семенов, 1963) с учетом индивидуальной геометрии аппарата движения атлета (табл.1).

Таблица 1

Название звеньев	Относительная масса звена, (%)	Масса звена m_i , (кг)	Сила тяжести звена $p=mg$, (Н)	Длина звена L_i , (м)	Коэффициент K	$R_i=K L_i$, (м)
1	2	3	4	5	6	7
Голова	7	7	70	–	–	–
Туловище	43	43	430	0,48	0,44	0,21
Плечо	3	3	30	0,27	0,47	0,13
Предплечье	2	2	20	0,30	0,42	0,13
Кисть	1	1	10	–	–	–
Бедро	12	12	120	0,42	0,44	0,18
Голень	5	5	50	0,42	0,42	0,18
Стопа	2	2	20	0,29	0,44	0,13

Примечание: R – расстояние от ЦТ звена до проксимального сустава; положение ЦТ головы - верхний край наружного слухового отверстия; положение ЦТ кисти – пястно-фаланговое сочленение среднего пальца.

Плечи сил тяжести звеньев тела и внешней нагрузки относительно осей вращения в тазобедренном, коленном и голеностопном

суставах измерялись по РАС (рис. 1 б; рис. 2 б) с учетом масштаба изображения.

Расчет морфометрических характеристик мышц

На основе моделей мышц, предложенных А. Pedotti (1977), на кафедре биомеханики была разработана методика (Козлов И.М., Самсонова А.В., Соколов В.П., 1988) и программа расчета морфометрических характеристик (длины и плеча силы) восьми мышц нижних конечностей. Посредством этой программы в граничных позах были рассчитаны плечи сил мышц разгибателей бедра (большой ягодичной мышцы), разгибателей голени (четырехглавой мышцы) и подошвенных сгибателей стопы (трехглавая мышца голени).

Организация исследования. Спортсмен, мастер спорта (масса спортсмена 100 кг), выполнял полуприсед со штангой (масса штанги 150 кг) и жим штанги массой 200 кг ногами лежа на тренажере (угол наклона тренажера к горизонтали (α) составлял 45 град, угол наклона туловища к горизонтали (β) составлял 30 град. Каждое упражнение выполнялось пять раз. При выполнении силовых упражнений осуществлялась фото- и видеосъемка. На основе фотографий граничных поз выполнялся биомеханический анализ силовых упражнений. Посредством анализа видеоизображения рассчитывались морфометрические характеристики мышц нижних конечностей.

Результаты. Биомеханический анализ статических положений (граничных позы при выполнении полуприседа со штангой на плечах и жима штанги лежа на тренажере) позволил рассчитать плечи сил тяжести штанги и звеньев тела относительно осей вращения в тазобедренном, коленном и голеностопном суставах (табл. 2).

Таблица 2

Значения плеч сил тяжести штанги и звеньев тела при выполнении силовых упражнений, м

Обозначение	полуприсед со штангой 150 кг	жим штанги 200 кг лежа на тренажере
$h_{шт}(TC)$	0,155	0,0737
$h_{шт}(KC)$	0,229	0,268
$h_{шт}(ГC)$	0	0,033
$h_{гол}(TC)$	0,23	–
$h_{гол}(KC)$	0,15	–
$h_{гол}(ГC)$	0,248	–
$h_{рук}(TC)$	0,155	–
$h_{рук}(KC)$	0,23	–
$h_{рук}(ГC)$	0	–
$h_{тул}(TC)$	0,201	–
$h_{тул}(KC)$	0,16	–
$h_{тул}(ГC)$	0,0186	–
$h_{б}(TC)$	–	0,0469
$h_{б}(KC)$	0,229	–
$h_{б}(ГC)$	0,012	–
$h_2(TC)$	–	0,067
$h_2(KC)$	–	0,167
$h_2(ГC)$	0,143	–
$h_{cm}(TC)$	–	0,335
$h_{cm}(KC)$	–	0,435
$h_{cm}(ГC)$	–	0,0268

На основании уравнений 1, 2, 3 и данных, представленных в табл.1 и 2 были рассчитаны суммарные моменты сил тяжести штанги и звеньев тела относительно тазобедренного, коленного и голеностопного суставов при выполнении полуприседа со штангой, а на основании уравнений 4, 5, 6 – при выполнении жима штанги ногами лежа на тренажере. Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения (по модулю) суммарных моментов внешних сил относительно тазобедренных, коленных и голеностопных суставов при выполнении силовых упражнений, Нм

Упражнения	Момент силы относительно тазобедренного сустава	Момент силы относительно коленного сустава	Момент силы относительно голеностопного сустава
Полуприсед со штангой, массой 150 кг	180	250	20
Жим ногами штанги, массой 200 кг, лежа на тренажере	50	200	20

Для фиксации позы необходимо, чтобы суммарные моменты внешних сил были уравновешены моментами сил тяги мышц, перекрывающих тот или иной сустав (суставными моментами), то есть выполнялось равенство (7):

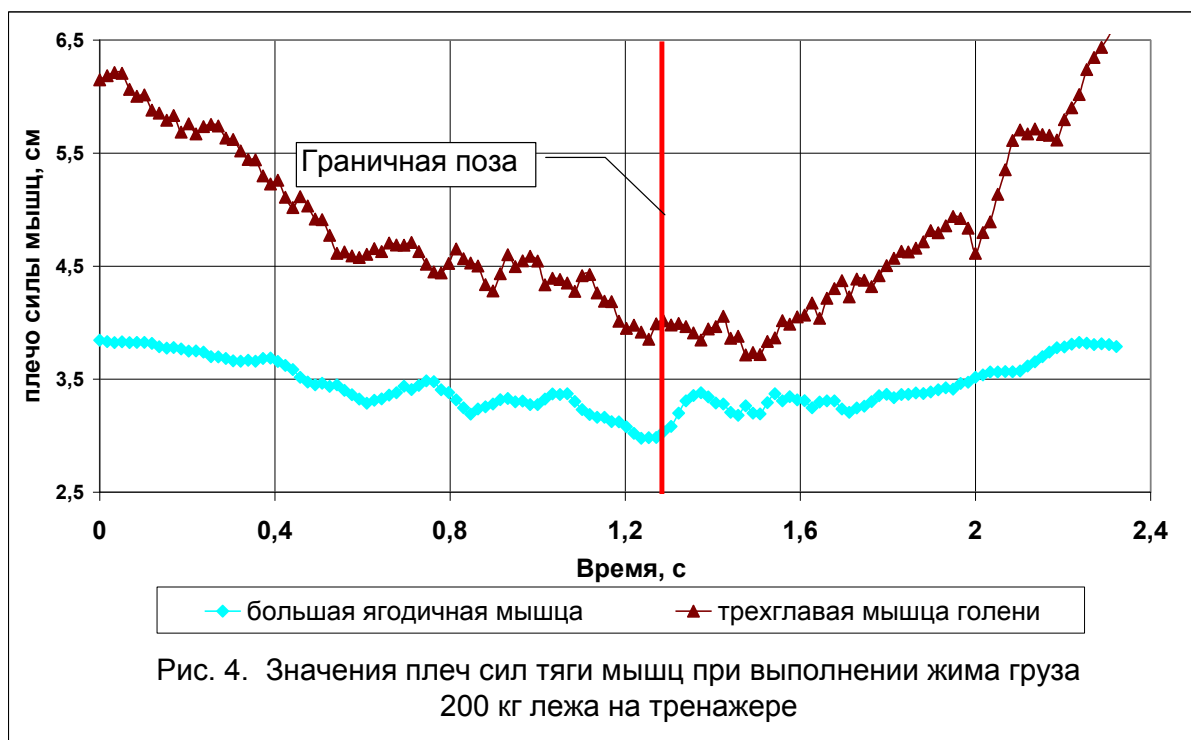
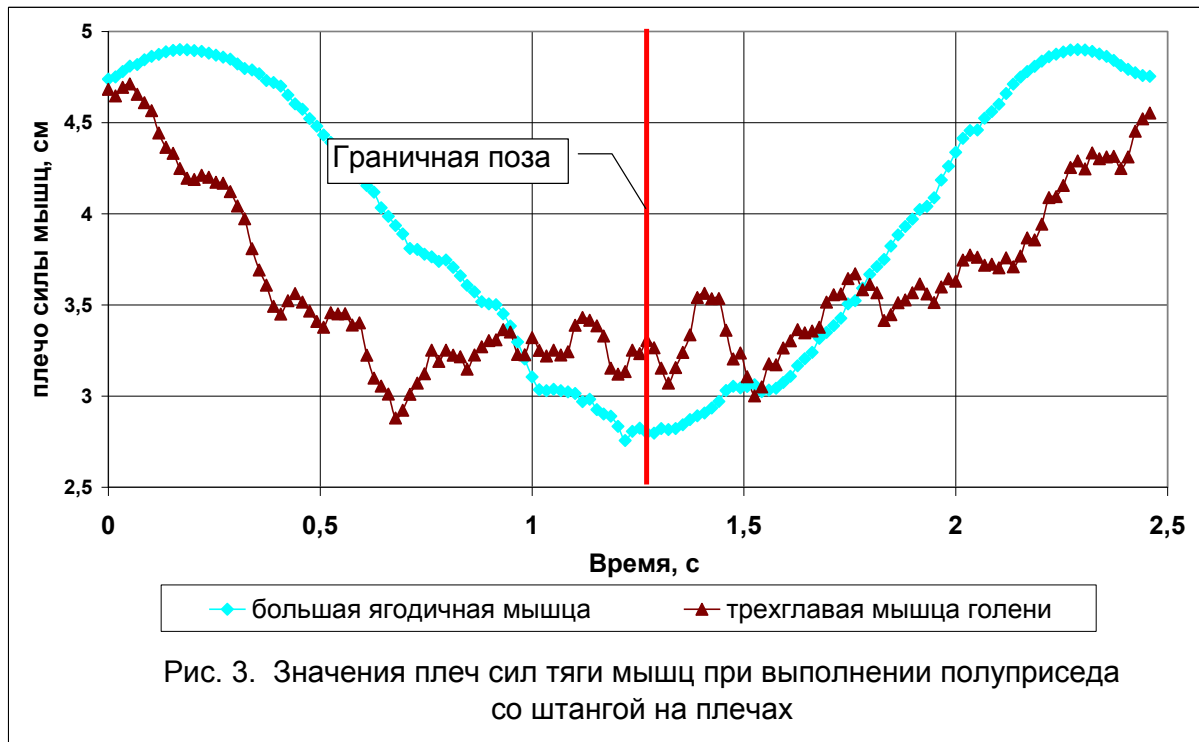
$$\sum M(F_{\text{вн}}) = \sum M(F_{\text{м}}) \quad (7),$$

где: $\sum M(F_{\text{вн}})$ – суммарный момент внешних сил; $\sum M(F_{\text{м}})$ – суммарный момент сил мышц (суставной момент).

Из данных, представленных в табл. 3 следует, что при выполнении полуприседа со штангой наибольший суставной момент развивают мышцы–разгибатели коленного сустава (четырёхглавая мышца бедра), а наименьший – подошвенные сгибатели голеностопного сустава (трехглавая мышца голени). При выполнении жима штанги эта закономерность сохраняется. Однако суставные моменты, по нашему мнению, не могут служить количественной мерой силовой нагрузки на мышцы. Это связано с тем, что суставной момент $\sum M(F_{\text{м}})$ формируется в результате взаимодействия двух факторов: силы тяги мышцы $F_{\text{м}}$ и плеча силы тяги мышцы $h_{\text{м}}$ относительно центра вращения в суставе (8):

$$M(F_M) = F_M \cdot h_M \quad (8).$$

Поэтому для определения сил тяги мышц, необходимо знать характер изменения плеч мышечных тяг относительно соответствующих суставов при изменении пространственных положений звеньев тела



(межзвенных углов). Необходимые значения плеч сил тяги мышц были получены посредством программы **MORFOMETR**.

На рис. 3,4 представлены кривые изменения плеч сил тяги мышц-разгибателей бедра (большая ягодичная мышца) относительно оси вращения в тазобедренном и мышц-сгибателей стопы (трехглавая мышца голени) относительно оси вращения в голеностопном суставах при выполнении полуприседа со штангой и жима штанги ногами, лежа на тренажере. Следует заметить, что плечо силы тяги мышц-разгибателей голени (четырёхглавой мышцы), развивающих суставной момент относительно коленного сустава, не изменяет своего значения с изменением межзвенового угла между голенью и бедром. У данного испытуемого этот показатель составляет 0,06 м. Постоянство плеча силы тяги четырехглавой мышцы связано с особенностями анатомического строения коленного сустава (наличие сухожильного тяжа, перекинутого через надколенник).

В табл.4 представлены значения плеч сил тяги указанных групп мышц относительно центров вращения соответствующих суставов в граничных позах выполнения силовых упражнений.

Таблица 4

Значения плеч сил тяги мышц при выполнении силовых упражнений, м

Силовое упражнение	мышцы-разгибатели бедра	мышцы-разгибатели голени	мышцы-сгибатели стопы
Полуприсед со штангой 150 кг	0,03	0,06	0,03
Жим штанги 200 кг лежа на тренажере	0,03	0,06	0,04

Знание значений суставных моментов и плеч сил тяги мышц относительно осей вращения в суставах позволяет рассчитать силу тяги ($F_{\text{м}}$) соответствующих мышц при выполнении исследуемых си-

ловых упражнений (табл.5).

Таблица 5

Значения сил тяги мышц при выполнении силовых упражнений, Н

Силовое упражнение	мышцы-разгибатели бедра	мышцы-разгибатели голени	мышцы-сгибатели стопы
Полуприсед со штангой 150 кг	6000	4200	660
Жим штанги 200 кг лежа на тренажере	1500	3300	500

Следует заметить, что сила тяги, проявляемая мышцами при выполнении силового упражнения, зависит от многих факторов, в частности, от длины мышцы, скорости и режима ее сокращения. Другими словами, развиваемое *качество силы* определяется конкретными механическими (например, угол наклона тренажера при жиме ногами) и биомеханическими (например, глубина приседа со штангой) условиями выполнения силового упражнения, что необходимо учитывать при построении тренировочного процесса.

Поскольку каждая мышца характеризуется определенным значением анатомического поперечника (площадью поперечного сечения мышцы), то усилие, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения мышцы (напряжение мышцы), будет разным при одной и той же суммарной величине генерируемой силы тяги. В настоящем исследовании нам не удалось оценить площадь поперечного сечения исследуемых групп мышц испытуемого, поэтому были использованы литературные данные (G.Schumacher, E.Wolff, 1966). Для группы мышц-разгибателей бедра (большая ягодичная м., двуглавая м. бедра, полусухожильная м., полуперепончатая м, большая приводящая м.) площадь поперечного сечения составляет 78 см²; для группы мышц-разгибателей голени (четырехглавая мышца бедра) площадь поперечного сечения составляет 56 см²;

для группы мышц-сгибателей стопы (трехглавая м. голени, задняя большеберцовая м., длинная малоберцовая м., короткая малоберцовая м., длинный сгибатель пальцев, длинный сгибатель большого пальца, подошвенная м.) площадь поперечного сечения составляет 55 см².

Мы предлагаем в качестве **критерия степени нагрузки на мышцы** при выполнении силовых упражнений считать мышечное усилие, приходящиеся на единицу площади поперечного сечения мышцы, т.е. **напряжение**, развиваемое мышцей (9)

$$\sigma_m = \frac{F_m}{S_m} \quad (9),$$

где: σ_m – напряжение мышцы, Н/см²; F_m – сила тяги мышцы, Н; S_m – площадь поперечного сечения мышцы, см².

Из данных, представленных в табл.6, следует, что при выполнении полуприседа со штангой на плечах в основном будет развиваться *качество силы* мышц-разгибателей бедра и разгибателей голени. Основная направленность силового упражнения жим штанги лежа на тренажере – развитие *качества силы* мышц-разгибателей голени.

Таблица 6

Напряжение, развиваемое группами мышц при выполнении силовых упражнений, Н/см²

Силовое упражнение	мышцы-разгибатели бедра	мышцы-разгибатели голени	мышцы-сгибатели стопы
Полуприсед со штангой 150 кг	80	70	10
Жим штанги 200 кг лежа на тренажере	25	60	10

Сопоставление полученных нами результатов с данными литературных источников, например, Ф.Делавье, (2006) свидетель-

ствуется об их совпадении применительно к упражнению полуприсед со штангой на плечах. Однако, полученные нами данные, не согласуются с результатами Ф.Делавье (2006) относительно силового упражнения жим штанги лежа на тренажере. По данным Ф.Делавье (2006) силовое упражнение жим штанги лежа на тренажере в первую очередь направлено на развитие *качества силы* мышц-разгибателей бедра и голени. Наши данные свидетельствуют о том, что при экспериментальных значениях углов между туловищем и горизонталью, а также тренажером и горизонталью у группы мышц-разгибателей бедра отмечается незначительное напряжение. Поэтому это силовое упражнение в основном направлено на развитие *качества силы* мышц-разгибателей голени (четырехглавой м. бедра).

Обсуждение полученных результатов

Приступая к обсуждению полученных результатов, мы бы хотели заметить следующее.

Во-первых, по данным Р.Эноки (1998) напряжение мышц варьирует от 15 до 40 Н/см². В наших исследованиях этот диапазон значительно шире: от 10 до 80 Н/см². Однако, порядок полученных значений напряжения свидетельствует о том, что наши данные соответствуют реальности. Возможно, высокие значения напряжения связаны с тем, что при расчетах площади поперечного сечения мышц были использованы литературные данные. Исследования В.С.Степанова (2001) свидетельствуют о том, что тяжелоатлеты характеризуются большими значениями обхватов бедра и голени. Следовательно, площадь поперечного сечения исследуемых групп мышц у них будет значительно больше, а значение напряжения мышц – меньше. Кроме того, как известно, при возбуждении мышцы ее анатомический поперечник увеличивается, поэтому напряжение

мышцы будет уменьшаться. Дополнительные исследования должны расширить наши представления в этом вопросе.

Во-вторых, при использовании биомеханического анализа мы применили достаточно простую модель. Суставные моменты были рассчитаны в граничных позах, не учитывалось влияние на результирующую силу, развиваемую мышцей, ее длины и режима сокращения. Кроме того, при оценке силы, развиваемой группой мышц-разгибателей бедра, учитывались значения не всех плеч сил мышц, а только большой ягодичной мышцы. В дальнейших исследованиях модель будет уточнена.

В-третьих, полученные значения напряжения, развиваемого группами мышц при выполнении силового упражнения жим штанги лежа на тренажере будет во многом зависеть от углов наклона туловища, стоп и штанги относительно горизонтали. Поэтому полученные результаты справедливы только для экспериментальных значений углов. Дальнейшие исследования в этом направлении позволят их значительно расширить.

В-четвертых, полученные нами данные позволяют количественно оценить меру силовой нагрузки на мышцы и сопоставить с этой точки зрения степень нагрузки на различные мышечные группы. Поэтому они уточняют данные Ф.Делавье (2006), который произвел только качественный анализ силовых упражнений.

Выводы:

1. В качестве критерия эффективности воздействия силового упражнения на группу мышц предлагаем использовать физическую величину – **напряжение мышцы**;

2. Получены количественные значения напряжения групп мышц при выполнении силовых упражнений полуприсед со штангой на плечах и жим штанги лежа на тренажере. Это позволит более

точно и выборочно дозировать силовую нагрузку на мышцы нижних конечностей.

Литература

1. Вейдер Б., Классический бодибилдинг: Современный подход «система Вейдеров» [Текст] /Б.Вейдер.– М.: из-во ЭКСМО, 2003.– 432 с.
2. Дворкин Л.С., Тяжелая атлетика [Текст]: учебник для вузов /Л.С.Дворкин; 1-я и 2-я главы – Л.С.Дворкин, А.П.Слободян.– М.: Советский спорт, 2005.– 600 с.
3. Делавье Ф., Анатомия силовых упражнений для мужчин и женщин [Текст] /Ф.Делавье : Из-во «Рипол-классик», 2006.– 144 с.
4. Жуков Е.Г., Биомеханика физических упражнений [Текст] /Е.Г.Жуков, Е.Г.Котельникова, Д.А.Семенов.– М.: Физкультура и спорт, 1963.– 260 с.
5. Козлов И.М., Морфометрическая характеристика мышц нижних конечностей при движениях человека [Текст] / И.М.Козлов, А.В.Самсонова, В.Г. Соколов //Архив анатомии, гистологии и эмбриологии, 1988.– Т. 94.– № 2.– С.47 – 52.
6. Степанов В.С. Асимметрия двигательных действий спортсменов в трехмерном пространстве [Текст]: Дисс. докт. пед. наук.– Майкоп, 2001.– 365 с.
7. Шварцнеггер А., Энциклопедия современного бодибилдинга /А. Шварцнеггер; Пер. с англ.– Т.3.– М.: Физкультура и спорт, 1993.– 152 с.
8. Энока Р.М., Основы кинезиологии. [Текст] / Р.М.Энока – Киев: Олимпийская литература, 1998.– 399 с.
9. Komi P.V. , Relevance of in vivo force measurements of human biomechanics [Текст] /P.V.Komi //Journal of Biomechanics, V.23 (Suppl.1).– 1990.– P. 23-34.
10. Pedotti A. , A study of motor coordination and neuromuscular activities in human locomotion [Текст] / A.Pedotti // J. of Biological Cybernetics, 1977.–V. 26.–№ 1.–P.53 – 62.

11. Schumacher G., Trockengewicht und phisiologischen Querschnitt des menschlichen Skelettmuskulatur.– II.– Physiologische Querschnitte / [Текст] /G.Schumacher, E Wolff. //Anatomie Anzaitung, 1966.– Bd.119.– S.259-269.