

СПОРТИВНАЯ МЕДИЦИНА

НЕКОТОРЫЕ МОТОРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СКОРОСТНО-СИЛОВЫХ СВОЙСТВ НЕРВНО-МЫШЕЧНОГО АППАРАТА ПОД ВЛИЯНИЕМ МАССАЖА

Ю.А. ПОВАРЕЩЕНКОВА,
Великолукская государственная академия физической культуры

Аннотация

Исследовали изменения скоростно-силовых параметров произвольного мышечного напряжения под влиянием массажа различной интенсивности методом динамографии. Количество испытуемых – 12 человек, средний возраст $18,9 \pm 0,52$ лет. Выявлено, что тонизирующий массаж увеличивает, а релаксирующий снижает скорость достижения максимального произвольного мышечного усилия. Для выявления механизмов формирования данных изменений определяли частоту импульсации α -мотонейронов и число активных ДЕ под влиянием массажа. Ведущим механизмом увеличения скоростно-силового показателя напряжения под влиянием тонизирующего массажа является увеличение количества функционирующих ДЕ и учащение импульсации α -мотонейронов соответствующих ДЕ.

Abstract

Changes in speed-force parameters of voluntary muscle contractions under massage has been investigated by dynamography. Experimental group consists of 12 sportsmen, mean age $18,9 \pm 0,52$ yrs. It is shown that activation massage increases maximum force achievement rate, whereas relaxing massage increased it. To elucidate change mechanisms, α -motoneuron pulse rate and number of active motor unit has been determined. The leading mechanism for speed-force contraction after activating massage is increase in number of active motor units and rate of α -motoneuron impulsation.

Ключевые слова: изменение скоростно-силовых параметров сокращения, регуляция активности отдельных ДЕ, приемы массажа.

Введение

Реакцию на массаж в физиологическом отношении можно рассматривать и как системный ответ организма на воздействие [3, 4, 7, 11, 12]. С этих позиций реакция на массажные воздействия представляет собой динамический приспособительный процесс, его динамика и физиологические механизмы определяются состоянием и соотношением внешних и внутренних условий. Под влиянием приемов массажа основные изменения происходят в функциональном состоянии нервно-мышечной системы [6, 10, 14].

К спортивным упражнениям скоростно-силового характера относятся упражнения, в которых спортсмен стремится проявить максимально возможную для каждой конкретной ситуации силу и скорость сокращения мышц [5]. Установлено, что сила и скорость движений в суставе определяются включением одинаковых механизмов: рекрутированием определенного количества двигательных единиц (ДЕ) мышц-агонистов, степенью их синхронизации, частотой разрядов и пассивными и активными силами антагонистов движений [2, 9]. Следовательно, имеются функциональные резервы для повышения скоростно-силовых свойств мышечной системы под влиянием массажа. В связи с этим в данной

работе была поставлена задача – определение роли в формировании изменений скоростно-силовых возможностей нервно-мышечного аппарата под влиянием массажа различной направленности электрической активности ДЕ.

Методика исследования

Экспериментальная часть работы проводилась на базе Центра функционального контроля ВЛГАФК в лаборатории физиологии нервной и мышечной систем. Исследования проведены на 12-ти испытуемых, в возрасте $18,9 \pm 0,52$ лет, рост которых $176,3 \pm 2,21$ см, вес – $67,3 \pm 2,01$ кг. Процедура эксперимента заключалась в определении изменений скорости достижения максимального произвольного мышечного напряжения и числа функционирующих ДЕ *m. gastrocnemius*, регистрации частоты их импульсации до и после воздействия различными сеансами массажа. В сеанс массажа тонизирующей направленности были включены приемы разминания, выжимания, растирания и ударные, на долю которых приходилось по 40, 30, 20, 10% всего времени сеанса соответственно. Релаксирующий массаж состоял из сотрясающих и приемов поглаживания (по 50% времени на каждый прием).

Для регистрации сокращений *m. gastrocnemius* использовалась специальная динамографическая установка. Положение испытуемого фиксировалось посредством креплений и фиксаторов таким образом, чтобы движение выполнялось только в голеностопном суставе. Регистрация скорости произвольного сокращения осуществлялась программно-аппаратным комплексом «Скат» (ВЛГАФК, Великие Луки; НПП «ООО Медпасс», СПб., 2005) и оценивалась по механограмме максимального произвольного изометрического сокращения.

Для выявления некоторых механизмов изменения скоростно-силового показателя определяли частоту импуль-

сации α -мотонейронов и число активных ДЕ под влиянием массажа. Число активных ДЕ и частоты импульсации α -мотонейронов *m. gastrocnemius* регистрировались с помощью мини-электромиографа, обработка полученных данных осуществлялась в специальной компьютерной программе «Муо» (АНО «Возвращение», СПб., 2003). Для отведения потенциалов действия использовались накожные биополярные электроды диаметром 1 мм по методике, предложенной А.А. Гидиковым [2] и Ю.П. Шапковым [8].

Определение количества функционирующих ДЕ в *m. gastrocnemius* осуществлялось по методике, предложенной R.E. Sica с соавторами [13]. В соответствии с такой методикой число функционирующих ДЕ рассчитывается делением максимальной амплитуды М-ответа на минимальную амплитуду М-ответа. При регистрации М-ответа стимулирующие электроды располагали на *n. tibialis*: активный отводящий электрод фиксировали на двигательной точке *m. soleus*, индифферентный – на ее сухожилии [1]. Для определения статистической достоверности результатов применяли парный t-тест. Для сравнения исследуемых параметров и изменения данных величин рассчитывались проценты.

Результаты исследования и их обсуждение

Объединение приемов по модальным характеристикам воздействия в сеансы тонизирующей (интенсивные приемы) и релаксирующей направленности предполагает соответствующую направленность постмассажных изменений. Среднегрупповые тенденции изменений скорости достижения максимального мышечного усилия под влиянием массажа противоположной направленности представлены в табл. 1 и рис. 1.

Таблица 1

Динамика изменений скорости достижения максимального мышечного усилия после массажа различной направленности ($M \pm m$, кг/с)

Направленность массажа	Фон	Время после воздействия		
		1 мин	8 мин	15 мин
Тонизирующая	$550,2 \pm 15,2$	$645,94 \pm 16,2$	$642,64 \pm 15,9$	$622,28 \pm 15,1$
W(p)		= 0,0018		
Релаксирующая	$564,7 \pm 15,4$	$481,69 \pm 16,3$	$495,24 \pm 16,1$	$625,69 \pm 15,7$
W(p)		= 0,004		

Тонизирующий массаж вызвал увеличение скорости достижения максимального напряжения. Наибольший результат зарегистрирован на первой минуте последствия массажа, в последующие моменты тестирования наблюдалось некоторое снижение достигнутых в первую регистрацию значений.

Массаж, состоящий из поглаживания и сотрясающих

приемов, вызывает снижение скорости достижения максимального мышечного напряжения. Большие изменения зарегистрированы сразу после окончания воздействия – снижение исследуемого показателя составляло 15% относительно данных, полученных в состоянии мышечного покоя, в дальнейшем наблюдалось незначительное изменение исследуемого показателя.

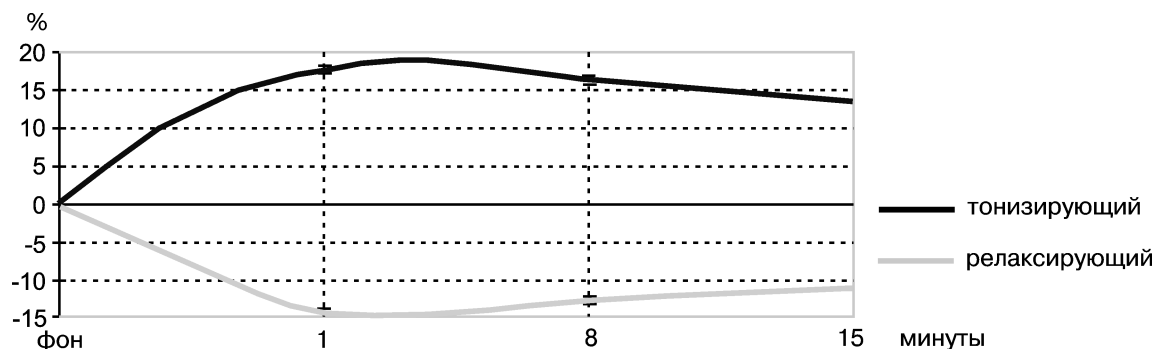


Рис. 1. Динамика изменений скорости достижения максимального мышечного усилия под влиянием сеансов массажа различной направленности, %

Массаж как тонизирующий, так и релаксирующий увеличивает частоту импульсации отдельных ДЕ. В табл. 2 представлены данные изменения частоты импульсации ДЕ исследуемой мышцы под влиянием тонизирующего и релаксирующего массажа. Сеанс тонизирующего массажа способствовал увеличению частоты импульсации на 4,2 имп./с в среднем по группе испытуемых сразу после

массажа ($p < 0,05$). В последующие моменты тестирования достигнутый эффект снижался в среднем на 1 имп./с за каждые 8 мин восстановления. У большинства участников эксперимента ($n = 8$) отмечалось включение 1–2 дополнительных ДЕ *m. gastrocnemius*, которые регистрировались в течение контрольного периода.

Таблица 2

Динамика изменений частоты импульсации α -мотонейронов *m. gastrocnemius* после массажа различной направленности ($M \pm m$, имп./с)

Направленность массажа	Фон	Время после воздействия		
		1 мин	8 мин	15 мин
Тонизирующая	$7 \pm 1,39$	$11,2 \pm 1,6$	$10,31 \pm 1,45$	$9,2 \pm 1,36$
W(p)		$= 0,0013$		$= 0,0048$
Релаксирующая	$7,12 \pm 1,48$	$9,28 \pm 1,71$	$9,95 \pm 1,54$	$9,1 \pm 1,4$
W(p)		$= 0,0048$		

Массаж релаксирующей направленности усилил импульсацию на 1–4 имп./с у отдельных испытуемых в течение 15 мин последствия. В среднем по группе изменения составили в первую регистрацию на $2,16 \pm 0,98$ имп./с; на 8-й мин постмассажного периода прирост в частоте импульсации составлял $2,83 \pm 1,1$ имп./с; на 15-й мин — $1,98 \pm 0,95$ имп./с. Включение дополнительной ДЕ отмечено лишь у четырех испытуемых на 1-й и 8-й минутах постмассажного периода.

Максимальный результат зафиксирован на 8-й минуте постмассажного периода при релаксирующем массаже и сразу после воздействия под влиянием тонизирующего массажа (рис. 2). Независимо от используемых в сеансе массажа приемов эффект воздействия заключается в увеличении частоты импульсации спинальных α -мотонейронов. Количественное выражение изменения зависит от сочетания приемов в сеансе массажа: выше интенсивность — больше частота импульсации.

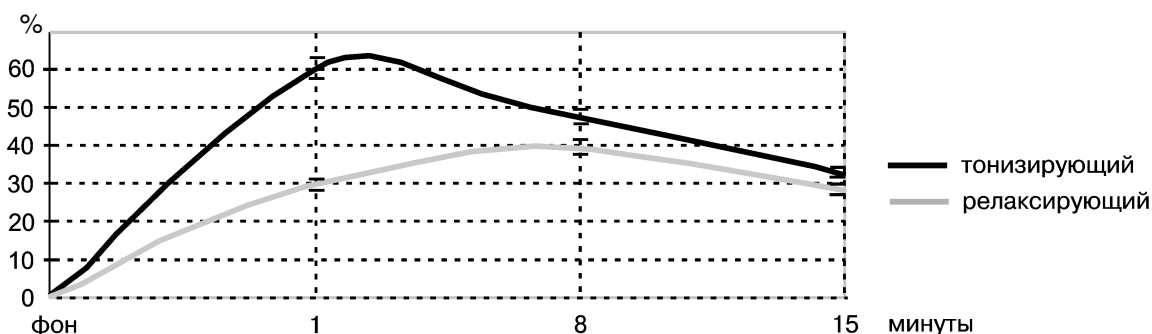


Рис. 2. Динамика изменений частоты импульсации отдельных α -мотонейронов *m. gastrocnemius* под влиянием массажа различной направленности, %

В табл. 3 представлены данные изменения числа активных ДЕ всей m. soleus. Тонизирующий массаж способствовал увеличению числа функционирующих ДЕ исследуемой мышцы на 1-й минуте постмассажного периода на

$17,66 \pm 3,59$ ДЕ и в последнюю регистрацию – на $33,2 \pm 3,81$ ДЕ m. soleus ($p < 0,05$). Данный эффект обусловлен включением низкороговых ДЕ m. soleus, не активных до применения массажа.

Таблица 3

Изменение количества функционирующих ДЕ m. soleus при массаже различной направленности ($M \pm m$)

Направленность массажа	Фон	Время после воздействия	
		1 мин	15 мин
Тонизирующая	$127,25 \pm 14,42$	$144,91 \pm 13,62$	$160,45 \pm 11,8$
Релаксирующая	$123,5 \pm 10,24$	$151,6 \pm 11,54$	$154,1 \pm 9,57$
W(p)		$= 0,0048$	$= 0,0013$

После релаксирующего сеанса массажа, состоящего из сотрясающих и приемов поглаживания, на 1-й минуте постмассажного периода число функционирующих ДЕ m. soleus увеличилось на $28,1 \pm 4,2$ ДЕ, на 15-й минуте восстановления

среднегрупповое увеличение составляло $30,6 \pm 5,11$ ДЕ. Увеличение числа активных ДЕ m. soleus обусловлено увеличением как амплитуды максимального М-ответа m. soleus, так и снижением пороговой величины моторного ответа.

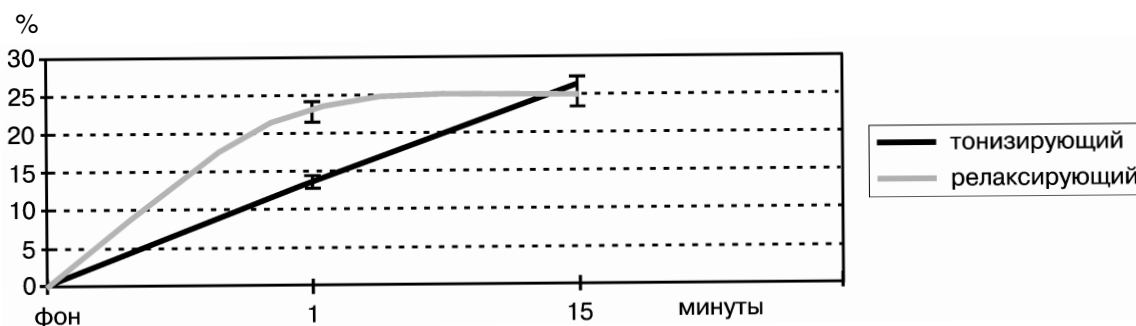


Рис. 3. Динамика изменений количества функционирующих ДЕ m. soleus под влиянием массажа различной направленности, %

Эффект применения массажа тонизирующей и релаксирующей направленности отличается количественным выражением и динамикой изменений (рис. 3). Больше число функционирующих ДЕ m. soleus зарегистрировано после массажа сотрясающими приемами и приемами поглаживания в первые минуты последствия. На 15-й минуте постмассажного периода максимальных значений достигает число активных ДЕ после применения интенсивных по модальным характеристикам приемов.

Проведенный корреляционный анализ показал, что изменения скорости достижения максимального произволь-

ного усилия, возникающие под влиянием приемов поглаживания, сотрясающих и растирания, статистически слабо взаимосвязаны с увеличением частоты импульсации отдельных ДЕ в течение постмассажного периода. Вместе с тем значительная степень взаимосвязи установлена между изменениями параметров произвольного мышечного усилия после массажа приемами разминания, выжимания и ударных, изменениями частоты импульсации α -мотонейронов ДЕ (табл. 4).

Сочетание интенсивных приемов в сеансе массажа приводит к изменению модальных параметров воздействия.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции между значениями изменений скорости достижения максимального мышечного усилия и частотой импульсации после массажа

Направленность массажа	Время после воздействия		
	1 мин	8 мин	15 мин
Тонизирующая	0,529	0,516	0,509
W(p)	$= 0,00142$		
Релаксирующая	0,371	- 0,154	- 0,068
W(p)	$= 0,028$	$= 0,48$	

Такой сеанс массажа вызывает изменения различных показателей, характеризующих функциональное состояние нервно-мышечного аппарата, отличных от присущих каждому приему в отдельности.

Корреляционный анализ показал, что между изменени-

ями скорости достижения максимального произвольного мышечного напряжения (СДМПМН) и изменениями частоты импульсации отдельных ДЕ непосредственно по окончании тонизирующего массажа установлена статистически тесная степень взаимосвязи (рис. 4).

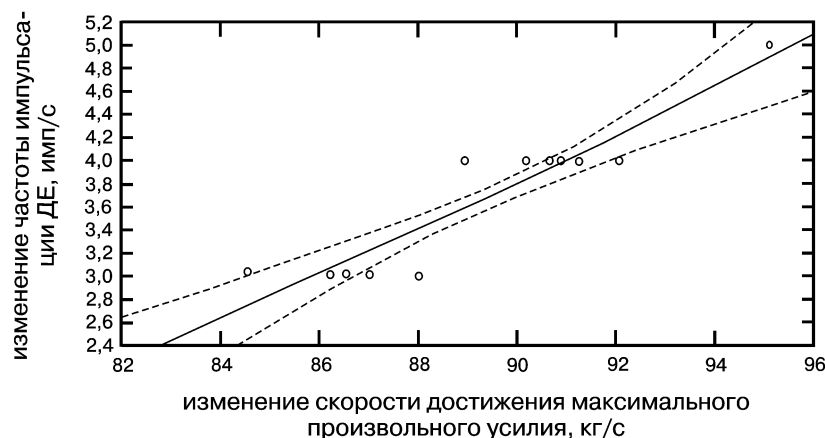


Рис. 4. Взаимосвязь между изменениями СДМПМН и изменениями частоты импульсации после тонизирующего массажа ($r = 0,827$; $p < 0,05$)

Полученные результаты подтверждают, что увеличение скоростно-силовых параметров мышечного напряжения под влиянием интенсивного воздействия на массируемый участок обусловлено увеличением импульсации спинальных α -мотонейронов.

Важен и тот факт, что наиболее значительная положительная степень взаимосвязи ($r = 0,901$; $p < 0,05$) установлена на 15-й минуте восстановительного периода (рис. 5). Это указывает на существенную роль данного механизма в формировании ответной реакции нервно-мышечной системы на тонизирующий массаж.

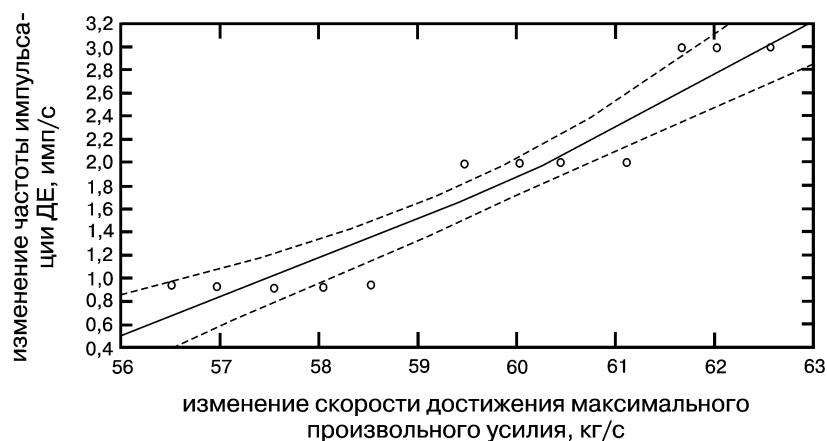


Рис. 5. Взаимосвязь между изменениями СДМПМН и частотой импульсации после тонизирующего массажа на 15-й минуте последствия ($r = 0,901$; $p < 0,05$)

Как показал корреляционный анализ, изменение скоростно-силового показателя мышечного напряжения после расслабляющего массажа оказалось статистически слабо взаимосвязано частотой импульсации мотонейронов ДЕ. По-видимому, рост скорости достижения максимального мышечного усилия после массажа приемами поглаживания и сотрясающими приемами определяется другими механизмами.

Между изменениями скоростно-силового показателя

напряжения и изменениями числа дополнительно активированных ДЕ после тонизирующего массажа установлена тесная корреляционная взаимосвязь: $r = 0,826$ на 1-й (рис. 6) и $r = 0,818$ – 15-й минутах восстановления соответственно (рис. 7). Это указывает на значимость данного механизма в формировании ответной реакции нервно-мышечного аппарата на сочетание в сеансе массажа приемов разминания, растирания, выжимания и ударных в период восстановления (рис. 8).

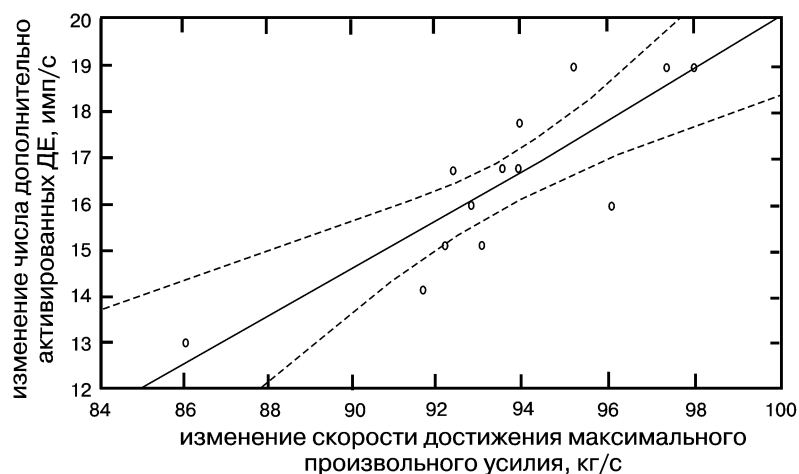


Рис. 6. Взаимосвязь между изменениями скоростно-силового показателя и числа функционирующих ДЕ сразу после тонизирующего массажа

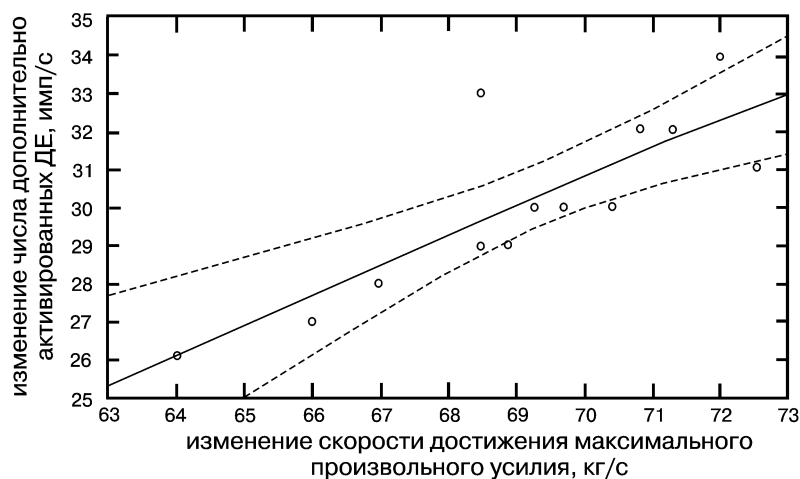


Рис. 7. Взаимосвязь между изменениями скоростно-силового показателя и числа функционирующих ДЕ на 15-й минуте последствия тонизирующего массажа

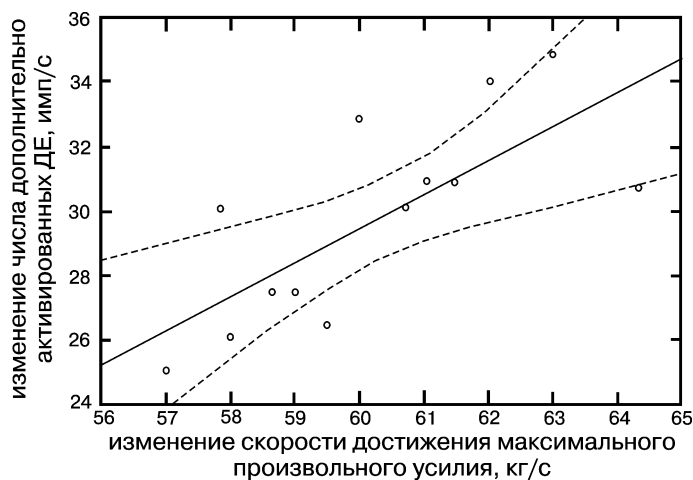


Рис. 8. Взаимосвязь между изменениями скоростно-силового показателя и числа функционирующих ДЕ сразу после релаксирующего массажа

Установлена взаимосвязь между изменениями скорости достижения максимального произвольного усилия изменениями частоты импульсации отдельных ДЕ и после релаксирующего массажа. Причем наиболее значитель-

ная положительная степень взаимосвязи обнаружена на 15-й минуте последствия сеансов массажа, состоящих из приемов поглаживания и сотрясающих приемов (рис. 9).

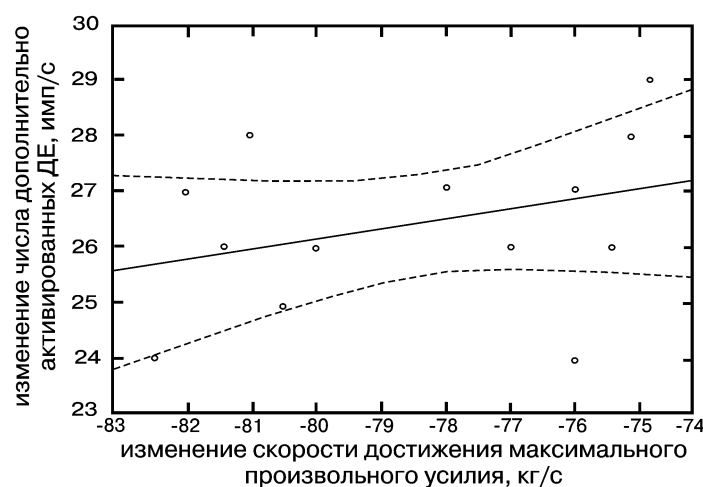


Рис. 9. Взаимосвязь между изменениями скоростно-силового показателя и числа функционирующих ДЕ на 15-й минуте последствия релаксирующего массажа

Заключение

Объединение интенсивных по модальным параметрам воздействия приемов в сеансе массажа вызывает увеличение скоростно-силовых показателей нервно-мышечного аппарата. Ведущим механизмом формирования данного эффекта под влиянием тонизирующего массажа является увеличение количества функционирующих ДЕ и учащение импульсации α -мотонейронов соответствующих ДЕ.

Сочетание приемов поглаживания и сотрясающих приемов приводит к снижению скоростно-силовых свойств нервно-мышечной системы. Роль эфферентного звена в изменении функционального состояния нервно-мышечного аппарата под влиянием релаксирующего массажа не является определяющей. Вероятно, наряду с моторными механизмами в формировании изменений имеют место и спинальные влияния.

Литература

1. Бадалян Л.О. Клиническая электронейромиография: Руководство для врачей / Л.О. Бадалян, И.А. Скворцов. — М.: Медицина, 1986. — 368 с.
2. Гидиков А.А. Теоретические основы электромиографии. Биофизика и физиология двигательных единиц / Под ред. Н.А. Рокотовой. — Л.: Наука, 1975. — 181 с.
3. Граевская Н.Д. Массаж // Медицинские средства восстановления спортивной работоспособности. — М.: МОГИФК, 1983. — С. 71–76.
4. Дубровский В.И. Растягивание мышц и массаж // Легкая атлетика. — 1995. — № 4. — С. 25.
5. Масальгин Н.А. Физиологические основы тренировок: Метод. разраб. для студ. спорт. фак. ГЦОЛИФКа. — М., 1984. — 14 с.
6. Саркизов-Серазини И.М. Спортивный массаж. — М.: ФИС, 1963. — 196 с.
7. Тюрин А.М. Бескровное определение скорости кровотока методом оксигенометрии в норме и патологии: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — М., 1961. — 19 с.
8. Шапков Ю.Т. Активность двигательных единиц и роль проприорецепции в ее регуляции: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Л., 1984. — 51 с.
9. Freund H.-J. Motor unit and muscle activity in voluntary control. — *Physiol. Rev.*, 1983. — V. 63. — P. 387–436.
10. Kirch R. Sportmassage. Sportverlag. Berlin, 1959. — P. 13–37.
11. Mori H., Ohsawa H., Tanaka H., Taniwaki E., Leisman G., Nishijo K. Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise. *Med. Sci. Monit.* 2004 May;10(5):CR173–8. Epub 2004 Apr. 28.
12. Schmidt H. Sportmassage. Theorie u Praxis Körperkultur. 23, 1974. — P. 252–259.
13. Sica R.E. Fast and slow twitch units in a human muscle / R.E. Sica, A.J. McComas // *J. Neurol Neurosurg Psychiatry.* — 1971. — Apr.; 34(2). — P. 113–20.
14. Steglich H.-D. Massageverfahren im Rahmen der Reflextherapie. Tagungsbericht Manuelle Therapie. Potsdam, 1980. — P. 45–77.