

Влияние длительной постельной антиортостатической гипокинезии на функциональные свойства нервно-мышечного аппарата у человека

Досліджували вплив 120-добової антиортостатичної ($[-6^{\circ})$ гіпокінезії (АНОГ) на функціональні властивості триголового м'яза гомілки (ТМГ) людини. Після АНОГ максимальна довільна сила та максимальна сила скорочення ТМГ зменшилися в середньому на 45,5% і 33,7 % відповідно, а сила поодинокого скорочення — в середньому на 36,7% ($P<0,05-0,01$). Підвищився силовий дефіцит в середньому на 60,2% ($P<0,001$) і зменшився відносний приріст сили скорочення ТМГ у відповідь на парне подразнення ($P<0,05-0,01$). Швидкісні властивості ТМГ після АНОГ зменшилися ($P<0,05-0,001$). Швидкість розвитку «абсолютної» (ум.од.) напруги м'яза, у відповідь на електричне подразнення нерва та при довільному скороченні, суттєво зменшилася, в той час коли швидкісно-силові властивості м'яза за «відносними» (%) показниками не змінилися. Індекс стомлюваності ТМГ після АНОГ склав у середньому $0,61 \pm 0,02$ проти $0,80 \pm 0,03$ до діяння. Постулюється, що зміни скорочувальних властивостей ТМГ обумовлені атрофічними процесами, зміною довжини м'яза і саркоплазматичного ретикулума, з одного боку, та змінами стану ЦНС, з другого.

Введение

Изучение реакции скелетной мышцы на гипокинетические воздействия расширяют наши знания о механизмах, контролирующих процессы мышечной адаптации. Адаптационные свойства скелетных мышц хорошо известны [26,27]. Показано, что повышенная мышечная активность сопровождается развитием морфологических (гипертрофических) изменений в мышечном аппарате [26], а длительная инактивация, напротив, обуславливает атрофию (уменьшение размера и массы мышцы [3, 18,28]), являющуюся одной из наиболее выраженных форм адаптационных процессов, связанных с гипокинезией [18,34]. Предполагают, что главный фактор в генезе атрофической реакции в этих условиях — это снижение двигательной активности [18].

Наиболее распространенной моделью гипокинезии у человека является иммерсия — погружение в водную среду или постельный режим [1]. Оба воздействия сопровождаются уменьшением двигательного акта (гипокинезия) и мышечных нагрузок (гиподинамия) и, по общему мнению, хорошо имитируют физиологические эффекты гипогравитации без каких-либо физических вмешательств. Результаты исследований разнообразных моделей гипокинезии животных [18, 29, 32] и небольшого их числа у человека [15,16,28], выявили широкий спектр изменений сократительных [15,16,28,29], гистохимических [24, 29, 31] и биохимических [31] свойств скелетных мышц.

В связи с вышеизложенным целью нашей работы явилось исследование функциональных свойств нервно-мышечного аппарата (НМА) у человека в условиях постельного режима.

Методика

В исследовании принимали участие шесть практически здоровых добровольцев мужчин в возрасте 31-45 лет, массой 68-91 кг, ростом 164-179 см. Участники эксперимента прошли специальный медицинский отбор и отличались достаточно высокой физической и ортостатической тренированностью. Тестирование функциональных свойств НМА проводили за 4-8 сут до начала гипокинезии (фоновые данные) и на 3-и сутки после ее окончания. В качестве модели двигательной гипогравитации использовали постельную антиортостатическую гипокинезию (АНОГ) под углом -6° и продолжительностью 120 сут.

Силовые, скоростные, скоростно-силовые свойства и работоспособность (утомляемость) трехглавой мышцы голени (ТМГ), по морфо-физиологическим показателям являющейся мышцей смешанной [11, 21], исследовали по механическим ответам на электрическое раздражение *p.tibialis* и произвольным (волевым) сокращениям, регистрируемых методом тендометрии [8].

Процедура тестирования. Используемый в работе метод тендометрии позволяет измерять силу сокращения отдельной мышцы по изменению натяжения ее дистального сухожилия. Во время проведения эксперимента испытуемый сидел в кресле удобно, согнув ногу в коленном суставе. Стопа, голень, коленный и тазобедренный суставы жестко фиксировали в специально сконструированной установке, что обеспечивало изометрический режим сокращения исследуемой мышцы. Для стимуляции *p.tibialis* монополярный активный электрод (диаметром 1 см) устанавливали в подколенной ямке, пассивный (6 см $\times$ 4 см) — на нижней трети бедра. Электрод заземляли (7,5 см $\times$ 6,5 см) устанавливали в проксимальной части голени. Стимуляцию производили прямоугольными импульсами супрамаксимальной силы (на 30-40 % большей, чем необходимо для вызова максимального М-ответа мышцы), длительностью 1 мс, частотой 50 и 150 с^{-1} [5].

Оцениваемые параметры. Экспериментальный протокол содержит тесты, предназначенные для количественной оценки силовых, скоростных, скоростно-силовых ТМГ и ее работоспособности.

Силовые свойства. По тендограмме (рис.1) рассчитывали силу одиночного сокращения—СОС (рис. 1, а) по параметрам ответа мышцы на оди-

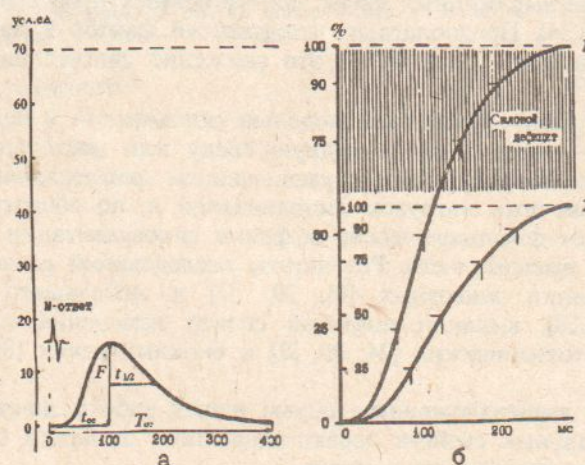


Рис. 1. Тендограммы изометрического одиночного сокращения (а), изометрического тетанического (1) и произвольного (2) напряжения (б) трехглавой мышцы голени у человека. На а: t_{oc} — время одиночного сокращения, $t_{1/2}$ — время полурасслабления, T_{oc} — общая длительность одиночного сокращения, F — сила одиночного сокращения. По оси абсцисс: время, мс; по оси ординат: сила сокращения — абсолютная, усл. ед. (левая шкала) и относительная, % максимума (правая шкала).

ночное электрическое раздражение супрамаксимальной силой п.tibialis, максимальную произвольную силу—МПС (рис. 1, б, 2) по характеру произвольного сокращения, выполненного при условии «сократить максимально сильно», и максимальную силу —МС (рис. 1, б, 1) по выраженности ответа на электрическое тетаническое раздражение п.tibialis в течение 300 мс частотой 150 с⁻¹ [5]. Разница между МС и МПС, отнесенная к МС и выраженная в процентах, позволяла определить силовой дефицит [7] (см. рис. 1).

Скоростные свойства. По тендограмме изометрического ОС, с точностью измерения до 2 мс, рассчитывали: время от момента нанесения раздражения до пика ОС (t_{oc}), время от пика сокращения до половины расслабления ($t_{1/2}$) и время от момента нанесения раздражения до полного расслабления (T_{oc} , см.рис.1).

Длительное плато «активного состояния» контрактивных элементов мышечных волокон ТМГ определяли методом парного раздражения [12] при интервале между стимулами 3,4,7,10,15,20 и 50 мс [9].

Скоростно-силовые свойства. По тендограмме изометрического произвольного сокращения, выполненного при условии «сократить максимально быстро и сильно», рассчитывали время нарастания мышечного сокращения, используя «относительные» показатели, т.е. время достижения напряжения в 25, 50, 75, 90% максимума, и «абсолютные», т.е. время достижения стандартных значений напряжения - 10, 20, 30 и 40 усл.ед. Аналогично по тендограмме вызванного сокращения в ответ на электрическое раздражение нерва частотой 150 с⁻¹ [5] определяли время нарастания вызванного сокращения. Точность измерения составляла 2 мс.

Утомляемость. Данное свойство оценивали по скорости (крутизне) снижения мышечной силы в ритмическом ряду сокращений, вызванных электрическими раздражениями п.tibialis частотой 50 с⁻¹ [6], при этом серии раздражения продолжительностью 1 с чередовали с отдыхом такой же продолжительности. Общая продолжительность исследования составляла 1 мин. Индекс утомляемости (ИУ) рассчитывали как отношение средней силы пяти последних сокращений мышцы к средней силе пяти первых сокращений.

Статистика. В ходе статистической обработки результатов рассчитывали средние значения показателей, ошибки средних ($M \pm m$) и достоверность различий (по критерию t Стьюдента) в группах, зарегистрированных в фоновый период и по окончании постельного режима.

Результаты

Согласно результатам фоновых исследований, по функциональным возможностям нервно-мышечной системы все обследуемые могли быть охарактеризованы как практически здоровые, ведущие обычный «двигательный» образ жизни. Пребывание в течение 120 сут в условиях АНОГ сопровождалось развитием у обследуемых выраженных изменений. Обращала на себя внимание общая односторонность всех тестируемых мышечных свойств. Средние значения изменения силовых свойств ТМГ представлены на рис. 2, а. Показано, что все силовые характеристики после АНОГ существенно и достоверно снижены. Так, изометрическая СОС уменьшилась в среднем на 36,7%, МПС — на 45,5% и МС — на 33,7% ($P < 0,05$ — 0,01). Одновременно несколько (в среднем на 3,6%) возросло значение отношения МС к СОС. Вместе с тем силовой дефицит существенно увеличился - в среднем на 60,2% (рис. 2, б).

Динамика изменений амплитуды ТМГ в зависимости от межимпульсного интервала (при парной стимуляции двигательного нерва) графически представлена на рис.3. Как следует из приведенных результатов в этих условиях сила сокращения ТМГ в ответ на второе раздражение при интер-

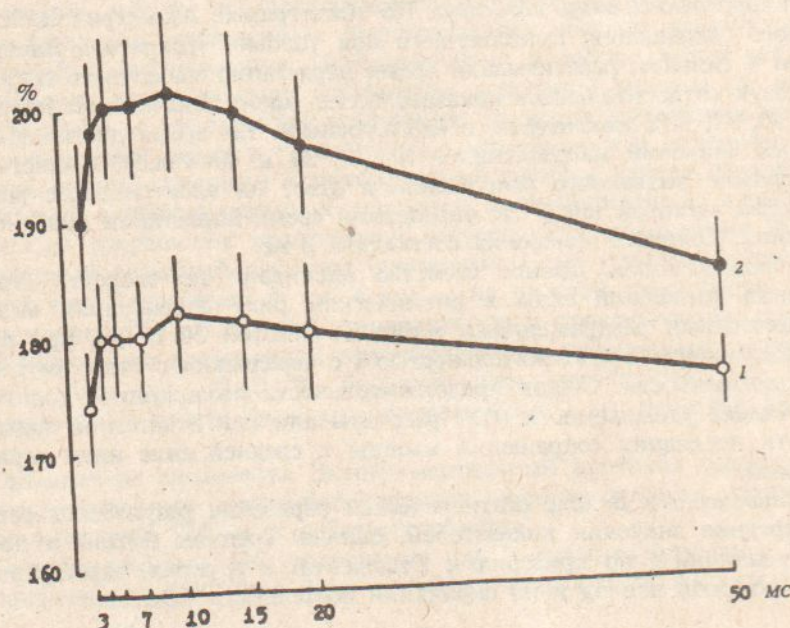
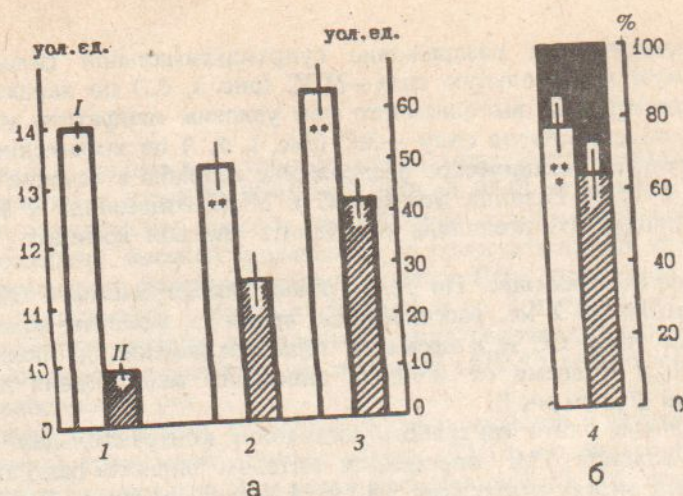


Рис. 2. Изменение силовых свойств трехглавой мышцы голени (а), отношения максимальной произвольной силы к максимальной силе и силового дефицита (б) до (I) и после (II) антиортостатической гипокинезии: 1—сила одиночного сокращения (СОС), 2—максимальная произвольная сила (МПС), 3—максимальная сила (МС), 4—МПС /МС; затемненный участок — силовой дефицит. По вертикали: сила сокращения—абсолютная, усл. ед.(а); относительная, % максимальной (б). * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$.

Рис. 3. Зависимость силы изометрических сокращений мышцы при парном раздражении до (1) и после (2) антиортостатической гипокинезии. По оси абсцисс—межимпульсный интервал, мс; по оси ординат—сила сокращения, % амплитуды одиночного сокращения.

вале между импульсами 4-10 мс в среднем примерно одинакова, а увеличение или уменьшение межимпульсного интервала сверх этих значений сопровождается существенным ее уменьшением, не изменяя общей тенденции развития напряжения мышцы. Одновременно изменялся характер расположения кривых при одном и том же межимпульсном интервале: относительный прирост силы сокращения после 120-суточной АНОГ был значительно меньшим по сравнению с исходным.

Как сле
условиях АН
скоростных со
среднем на 1
($P < 0,05-0,001$)

Изменение сред
мышцы голени
гипокинезии

До антиортост
После антиорт

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Результ
ния ТМГ
уменьшение
лютым» г
свойств с у
своих и

Рис. 4. Устр
ниях, выра
антиортост
части — с

Как следует из результатов, приведенных в таблице, пребывание в условиях АНОГ сопровождалось статистически значимым замедлением скоростных сократительных свойств мышцы: t_{oc} после АНОГ увеличилось в среднем на 11,5%, $t_{1/2}$ и T_{oc} в среднем на 13,3% и 23,2% соответственно ($P < 0,05-0,001$).

Изменение среднего времени изометрического одиночного сокращения трёхглавой мышцы голени у человека в результате продолжительной антиортостатической гипокинезии

Условие опыта	Время, мс		
	от момента нанесения раздражения до пика одиночного сокращения (t_{oc})	от пика сокращения до половины расслабления (t_{oc})	от момента нанесения раздражения до полного расслабления (T_{oc})
До антиортостатической гипокинезии: (-6°)	122 ± 3	90 ± 2	440 ± 10
После антиортостатической гипокинезии (-6°)	$136 \pm 3^{**}$	$102 \pm 2^*$	$542 \pm 18^{***}$

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$; *** $P < 0,001$

Результаты изменения скорости нарастания изометрического сокращения ТМГ графически представлены на рис. 4. Показано значительное уменьшение скорости развития напряжения ТМГ при оценке ее по «абсолютным» показателям силы сокращения. Однако при оценке тех же свойств с учетом «относительных» показателей (см. рис. 4, вставка) существенных изменений не обнаружилось.

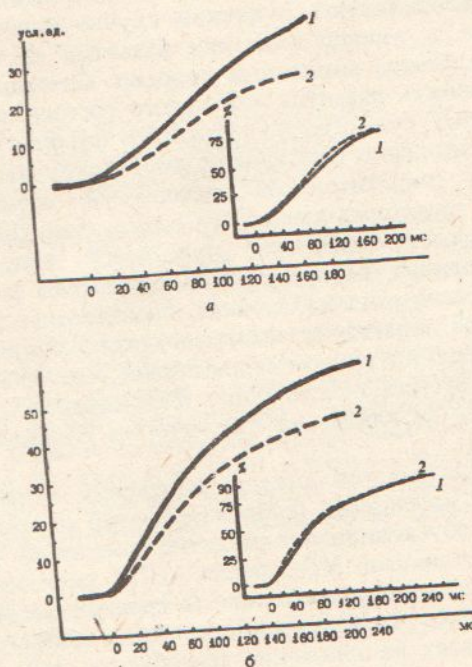


Рис. 4. Усредненные кривые «сила—время» при произвольном (а) и вызванном (б) сокращении, выраженные в «абсолютных» и «относительных» (вставка) значениях, до (1) и после (2) антиортостатической гипокинезии. По оси абсцисс: время, мс; по оси ординат: в основной части — сила сокращений, усл. ед., на вставке — то же, % максимума.

Работоспособность (утомляемость) ТМГ, оцениваемая по крутизне уменьшения МС сокращения в ритмическом тетаническом ряду после окончания 120-суточной постельной АНОГ, снизилась в среднем на 24%. ИУ ТМГ, составляющий в исходный (фоновый) период в среднем $0,08 \pm 0,03$, после окончания воздействия снизился до $0,61 \pm 0,02$ ($P < 0,05$).

Обсуждение

Результаты выполненного впервые комплексного исследования функциональных свойств НМА человека в условиях продолжительной жесткой (постельной) гипокинезии с использованием количественных методов определения выраженности изменений, вызванных электрическим раздражением, и произвольных (волевых) мышечных ответов в жестко изолированных условиях тендометрии позволяют понять механизмы, определяющие изменения в собственно сократительном аппарате мышцы при гипогравитационном воздействии.

Известно, что постоянным эффектом гипогравитации в реальных и имитирующих ее условиях является уменьшение массы мышц [3, 19, 34], указывающие на развитие атрофических процессов [3, 18, 28]. Последние в свою очередь в дальнейшем могут предопределять динамику функциональных свойств НМА. Как показывают результаты нашего исследования, продолжительное пребывание на постельном режиме действительно сопровождается выраженным снижением сократительных свойств ТМГ: МПС при 120-суточном действии гипокинезии уменьшилась в среднем на 46%, что близко к уровню снижения силы мышечных сокращений, зарегистрированной после 7-суточных космических полетов или их имитации в условиях иммерсии [2, 22]. Уменьшение амплитуды вызванного ОС и МС в среднем на 38 и 34% соответственно, указывало на выраженное снижение собственно сократительной способности мышечных волокон, т.е. на периферическую природу регистрируемых изменений. Можно предполагать, что эти изменения обусловились в данном случае модификацией сократительного механизма, а именно кинетики развития «активного состояния» контрактильных элементов мышечных волокон. Согласно полученным результатам, интенсивность развития «активного состояния» после 120-суточной постельной АНОГ существенно снижалась (см. рис. 2); это в свою очередь предполагает снижение способности контрактильного аппарата к мобилизации резервов сократительной способности, возможно, в связи с изменением свойств саркоплазматического ретикулума [10, 33]. С этим предположением согласуется отмеченное при АНОГ снижение скоростных свойств ТМГ, оцениваемых по временным параметрам развития изометрического ОС, и скоростно-силовых свойств, оцениваемых по «абсолютным» показателям скорости нарастания изометрического напряжения. Вместе с этим отсутствие изменений кривой «сила-время», оцениваемой по «относительным» показателям (установлено ранее [35]), свидетельствует о том, что АНОГ мало или вовсе не влияет на цикличность образования поперечных мостиков [30].

Результаты сравнительного анализа изменений характеристик произвольного (волевого) и вызванного (непроизвольного) ответов ТМГ указывают на то, что АНОГ обуславливает развитие изменений и в центральном звене управления движениями. МПС после АНОГ уменьшилась в большей мере, чем МС, соответственно значительно (в среднем на 60%) увеличивался силовой дефицит. Этот, согласующийся с ранее полученными данными [15, 16], феномен указывает на снижение способности центральной нервной системы активировать мышечный аппарат. Не исключено, однако, что помимо «прямых», центральных, механизмов управления произвольными движениями вовлекаются и другие, более реактивные, механизмы, опосредованные рефлекторно-тонической деятельностью. Известно, что одним из

постоянно
ная разгру
ка распреде
иммерсии,
АНОГ. Ра
опорной р
виях гипок
снижение
ным (до 50
редь, втор
шение тон
рецептор
покинезии
низмов [25
Нема

вазия мыш
ционирова
венно загл
дится в ос
и не напр
мышечных
при этом
уменьшен
шечной с
ция и «у
фию мыш
во в ТМГ
развиваем
ния медл
120-суточ
ния МС

Yu. Kogutsk

INFLUENC
HYPOKINE
OF THE H

An influenc
human m.ti
voluntary c
maximal tw
the averag
in response
($P < 0,05-0,0$
electrical
properties
constituted
postulated
length cha
nervous sy

Central Re
State Com

СПИСОК

1. Генши
ния н
М.Нау

крутизне
ду после
на 24%.
среднем
0,05).

функцио-
й жесткой
одов опре-
аздражени-
ированных
щие изме-
гравитаци-

реальных и
ц [3, 19,34],
оследние в
у функцио-
следования,
льно сопро-
ТМГ: МПС
нем на 46%,
зарегистри-
гации в усл-
ОС и МС в
ое снижение
т.е. на пери-
полагать, что
ией сократи-
о состояния»
лученным ре-
сле 120-суточ-
о в свою оче-
апарата к мо-
о, в связи с
С этим пред-
е скоростных
тия изометри-
«абсолютным»
ния. Вместе с
ой по «относи-
ует о том, что
ия поперечных

еристик произ-
ТМГ указыва-
в центральном
лась в большей
%) увеличивал-
нными данными
альной нервной
однако, что по-
произвольными
анизмы, опосре-
о, что одним из

постоянно действующих в условиях невесомости факторов является опор-
ная разгрузка [22]. В моделях, имитирующих невесомость, опорная нагруз-
ка распределяется либо равномерно по поверхности тела, как в случае
иммерсии, либо — на отдельные участки тела, как в условиях постельной
АНОГ. Ранее выполненные исследования выявили важную роль фактора
опорной разгрузки в развитии произвольного контроля движений в усло-
виях гипогравитационных нарушений [23]. В частности, было показано, что
снижение опорной нагрузки сопровождается закономерным и существен-
ным (до 50%) снижением тонуса экстензорных мышц [4], что, в свою оче-
редь, вторично уменьшает активность проприорецептивных входов. Умень-
шение тонуса мышц-разгибателей (антигравитационных) и активности их
рецепторов может явиться причиной атаксии, отмечаемой в условиях ги-
покинезии [13], и повышения возбудимости центральных нервных меха-
низмов [25].

Немаловажное значение, однако, может иметь также исходная акти-
вация мышцы, существенно различающаяся в условиях нормального функ-
ционирования и в условиях АНОГ. В нормальных условиях ТМГ суще-
ственно загружена. В условиях постельной АНОГ мышца, напротив, нахо-
дится в особом физиологическом состоянии, при котором она не растянута
и не напряжена. Если последнее ассоциировать с состоянием «укорочения»
мышечных волокон, то можно предположить значительное уменьшение
при этом числа саркомеров [17,32], что в свою очередь предполагает
уменьшение числа поперечных мостиков, а соответственно, снижение мы-
шечной силы и скорости, развиваемой активными саркомерами. Инактив-
ация и «укороченное» состояние мышцы обуславливают одновременно атро-
фию мышечных волокон как медленных [24,32], составляющих большинст-
во в ТМГ [21], так и типа II [24,32], вклад которых в общее напряжение,
развиваемое мышцей, весьма значителен [13, 20]. Об изменении соотноше-
ния медленных и быстрых мышечных волокон в ТМГ после постельной
120-суточной АНОГ в пользу первых [14] указывает и увеличение отноше-
ния МС к СОС.

Уш.Коруак, I.B.Kozlovskaya

INFLUENCE OF LONG-TERM BED-REST ANTIORTHOSTATIC HYPOKINESIA ON THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF THE HUMAN NEUROMUSCULAR APPARATUS

An influence of 120-days antiorthostatic (-6°) hypokinesia (ANOH) on the functional properties of human m.triceps surae (TS) was investigated. After ANOH the maximal force and the maximal voluntary contraction of TS decreased on the average by 45,5% and 33,7%, respectively, and the maximal twitch response force — by 36,7% ($P<0,05-0,01$). The value of force deficit increased on the average by 60,2% ($P<0,001$), while a relative increase of the TS force contraction decreased in response to pair irritation ($P<0,05-0,01$) as well as the velocity properties of TS after ANOH ($P<0,05-0,001$). The rate of absolute (c.u.) tension development fell significantly in response to electrical nerve irritation and during voluntary contraction, while the force-velocity muscle properties according to relative (%) parameters remained unchanged. The fatigability index of TS constated the average $0,61 \pm 0,02$ after ANOH as against $0,80 \pm 0,03$ prior to it ($P<0,05$). It is postulated that alterations of contractile properties of TS are due both to atropic processes, muscle length change, condition of sarcoplasmic reticulum and to changes in the state of the central nervous system.

Central Research Institute of Sport,
State Committee of Russian Federation on Physical Culture and Sport, Moscow

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генин А. М., Сорокин Р. А. Продолжительное ограничение движений как модель влия-
ния невесомости на организм человека // Пробл. космич. биологии /Ред.Газенко О.Г.—
М.:Наука,1969.-с.9-16.

2. Григорьева Л. С., Козловская И. Б. Влияние 7-суточной опорной разгрузки на скоростно-силовые свойства мышц человека//Космич.биология и авиакосмич.медицина - 1983.-17 с.21-25.
3. Зацюрский В. М., Сирота М. Г., Прилуцкий Б. И. и др. Биомеханика тела и движений людей, подвергшихся 120-суточной антиортостатической гипокинезии// Там же - 1985.-12.-с.23-27.
4. Козловский И. Б., Григорьева Л. С., Гевлич Г. И. Сравнительный анализ влияний невосможности и ее моделей на скоростно-силовые свойства и тонус скелетных мышц человека// Там же.-1984.-18.-с.22-26.
5. Коряк Ю. Ф. Исследование скоростно-силовых свойств мышечного аппарата человека// Резервные возможности организма спортсменов/ Ред.Каражанов Б.Б.-Алма-Ата:Ка-ЗИФК,1985.-с.86-97.
6. Коряк Ю. А., Поляков В. В., Пощаев А. И., Мартыанов В. А. Исследование динамической работоспособности периферического нервно-мышечного аппарата спортсменов //Фи-зиол.основыуправл.движениями.-М.-1975.-с.73-74.
7. Коц Я. М. Физиология нервно-мышечного аппарата//Физиология человека/Ред.Зимкин Н.В.-М.:ФиС,1975.-С.67-109.
8. Коц Я. М., Абсаямов Т. М., Зорин В. П. и др. Модификация тендометрического метода измерения силы сокращения отдельных мышц у человека//Физиол.человека -1976.-с.1045-1048.
9. Коц Я. М., Коряк Ю. А. Длительность «активного состояния» и скорость развития тетанического изометрического напряжения мышц-антагонистов голени//Теория и практика физич.культ.-1981-№2.-с.16-21.
10. Booth F. W. Effect of limb immobilization on skeletal muscle//J.App.Physiol.-1982.-52.P.1113-1118.
11. Buchthal F., Schmalbruch H. Contraction times and fibre types in intact human muscle//Acta Physiol.Scand.-1979.-79.-P.435-452.
12. Biller A. J., Lewis D. M. The rate of tension development in isometric tetanic contractions of mammalian fast and slow skeletal muscle//J.Physiol.-1965.-176.-P.337-354.
13. Burke R. E., Levine D. N., Tsairis P., Zajac F. E. Physiological types and histochemical profiles in motor units of the cat gastrocnemius //Ibid.-1973.-234.-P.723-748.
14. Davies C. J. F., Montgomery A. The effect of prolonged inactivity upon the contraction characteristics of fast and slow mammalian twitch muscle// 1977.-270.-P.518-594.
15. Davies C. T. M., Rutherford I. C., Thomas D. O. Electrically evoked contractions of the triceps surae during and following 21 days of voluntary lag immobilization//Eur.J.Appl.Physiol.-1987.-56.-P.306-312.
16. Duchateau J., de Montigny L., Hainault K. The effects of disuse on muscle contraction in humans Arch.Inter.Physiol.et Biochem.-1988.-96.-P.13-14.
17. Farkas G. A., Roussos C. Diaphragm in emphysematous hamsters:sarcomer adaptability//J.Appl.Physiol.-1983.-54.-P.1635-1640.
18. Fischbach G. D., Robbins N. Changes in contractile properties of disused soleus muscles//J.Physiol.-1969.-201.-P.305-320.
19. Grindeland R., Fast T., Ruder M. et al. Rodent body, organ and muscle weight responses to seven days of microgravity//Physiologist.-1985.-28.-P.375.
20. Grindrod S., Round J. M., Rutherford J. Type 2 fibre composition and force per cross-sectional area in the human quadriceps//J.Physiol.-1987.-390.-P.154.
21. Johnson M. A., Polgar J., Weightman D., Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-sex human muscles. An autopsy study//J.Neurol.Sci.-1973.-18.-P.111-129.
22. Kozlovskaya I. B., Aslanova I. F., Grigorieva L. S., Kreidich Yu. V. Experimental analysis of motor effects of weightlessness//Physiologist.-1982.-25.-P.49-52.
23. Kozlovskaya I. V., Aslanova I. F., Kirenskaya A. V. The effect of support unloading in characteristics of motor control systems activity// 5th Inter.Symposium on Motor Control/Ed.Gidikov A.-New-York%Pergamon Press,1987.-P.149-152.
24. MacDougall J. D. Morphological changes in human skeletal muscle following straining and immobilization//Human Muscle Power/Eds.Jones N.L.,McCartney N., McComas A.J. -Champaign IL: Human Kinetics,1986.-P.269-288.
25. Magnus R. Korperstellung.-Bpringer,1924.-145 p.
26. McDonagh M. J. N., Davies C. T. M. Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads//Eur.J. Appl.Physiol.-1984.-52.-P.139-155.
27. Pette D., Vrbova G. Invited review:neural control of phenotypic expression in mammalian muscle fibres//Muscle Nerve.-1985.-8.-P.676-689.
28. Sargeant A. J., Davies C. T. M., Edwards R. H. T. et al. Functional and structural changes after disuse of human muscle//Clin. Sci.and Mol.Med.-1977.-52.-P.337-342.
29. Simard C., Lacaille M. Contractile and histochemical properties of young and old medial gastrocnemius muscle after suspension hypokinesia/hypodynamia//Mechanisme Agein Dev.-1988.-44.-P.103-114.
30. Simmons R. M., Jewell B. R. Mechanics and models of muscular contraction//Rec.Adv.Physiol.-1974.-9.-P.87-147.
31. Steffen J. M., Musacchia X. J. Effect of hypokinesia and hypodynamia on protein, RNA and DNA in hindlimb muscles//Amer.J.Physiol.-1984.-247.-P.R728-R732.
32. Tabery T. V., Tebery C., Terdieu C. et al. Physiological and structural changes in the cat soleus muscle due to immobilisation at different lengths by plaster casts//J.Physiol.-1972.-224.-P.231-244.

33. Tete C. A. denervation c
34. Temption on the gastro
35. Witzmann slow skeletal

Центр. науч.-и
Гос. комитета
по физ. культ.

УДК 616-005-00

А. С. Тимчен

Динаміка
фізіологі
та його

Из сыворе
ческого ш
низкомоле
торого он
клетках.
функцию
угнетает
толитиче
и тимуса

Вступ

Дані, од
речовини
гулюючи
Виз
міжсисте
а також
лекуляр
чинник
фази ш
Зв
наміки
ких бі
біоелект

Методи

Низько
бак до
(друга
продов
лектив

© А. С. Т

ISSN 02

33. Tete C. A., Bick R. J., Myers T. D. et al. Alteration of sarcoplasmic reticulum after denervation of chicken pectoralis muscle//Biochem.J.-1983.-210.-P.339-344.
34. Templeton G. H., Padalino M., Mantor J. et al. The influence of rat suspension-hypokinesia on the gastrocnemius muscle//Aviat.Space Environ.Med.-1984.-55.-P.381-386.
35. Witzmann F. A., Kim D. H., Fitts R. H. Recovery time courses in contractile function of fast slow skeletal muscle after hind limb immobilization//J.Appl.Physiol.-52.-P.677-682.

Центр. науч.-исслед. ин-т спорта
Гос. комитета Российской Федерации
по физ. культуре и спорту, Москва

Материал поступил
в редакцию 11. 11. 91

УДК 616-005-000.36+616.155.32

А. С. Тимченко, Ю. Н. Корольов

Динаміка накопичення низькомолекулярного фізіологічно активного депресорного фактору та його біологічні ефекти при геморагічному шоці

Из сыворотки крови собак, взятой в различные периоды развития геморрагического шока, выделяли с использованием селективной ультрафильтрации низькомолекулярный фактор (800 — 1 000 Д), биологическую активность которого определяли в опытах на изолированном сердце собак и лимфоидных клетках. Установлено, что указанный фактор снижает сократительную функцию изолированного сердца, способствует нарушению энергообразования, угнетает антителообразующую функцию селезенки, а также обладает цитолитическим действием на лимфоциты периферической крови, лимфоузлов и тимуса.

Вступ

Дані, одержані за останні роки, дозволяють віднести фізіологічно активні речовини (ФАР) крові і різних органів до одних із найбільш активних регулюючих факторів організму [1 — 3].

Виявлено також, що деякі низькомолекулярні ФАР (НФАР) мають міжсистемну дію, у тому числі і імунорегулюючу [4 — 6]. В експерименті, а також при геморагічному шоці у хворих підвищується вміст низькомолекулярного депресорного фактору (800 — 1000 Д). Вважають, що цей чинник знижує скорочувальну функцію міокарда в період термінальної фази шоку і може бути однією з причин смерті [7, 8].

Зважаючи на викладене, метою нашої роботи було вивчення динаміки депресорного фактору, виділеного при геморагічному шоці, та деяких біологічних ефектів цього фактору, зокрема його впливу на біоелектричну активність ізольованого серця та лімфоїдної клітини.

Методика

Низькомолекулярний депресорний фактор виділяли із сироватки крові собак до проведення крововтрати (перша група — контроль), на висоті шоку (друга група) і в період термінальної фази шоку (третья група). Гіпотензія продовжувалася 60-120 хв, артеріальний тиск складав 40-50 мм рт.ст. Селективну ультрафільтрацію зразків сироватки крові провадили через аце-

© А. С. ТИМЧЕНКО, Ю. Н. КОРОЛЬОВ, 1992

ISSN 0201-8489. Физиол. журн. 1992. Т. 38, № 4