

## **Взаимосвязь структурных и функциональных свойств мышц голени в условиях гипо- и гипердинамики**

**В.А. Щуров, Л.А. Гребенюк, С.О. Мурадисинов**

### ***Correlation of structural and functional properties of leg muscles under hypo- and hyperdynamia***

**V.A. Shchourov, L.A. Grebenick, S.O. Muradisinov**

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган (генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

---

Обследованы здоровые мужчины 17-18 лет, не занимающиеся спортом (18 чел.), легкоатлеты (22 чел.) и борцы (20 чел.). Кроме того, обследовано 8 взрослых больных 18-44 лет с врожденным нарушением продольного роста голени одной из конечностей до и после оперативного уравнивания длины конечностей. Обнаружено, что показатели толщины сократительной части мышц, угла наклона мышечных пучков и показатели динамометрии находятся в тесной взаимосвязи и определяются уровнем и характером функционального нагружения конечностей. Гипотрофия мышц пораженной конечности у больных приводит к преимущественному снижению угла наклона мышечных пучков, то есть - к снижению физиологического поперечника мышц.

Ключевые слова: голень, функция мышц, гиподинамия, гипердинамика.

Normal men at the age of 17-18 years were studied – non-sportsmen (18), track and field athletes (22) and wrestlers (20). Moreover, 8 adult patients at the age of 18-44 years with congenital disorders of the leg longitudinal growth in one of the limbs before and after surgical equalization of limb lengths has been studied as well. As it has been found, the indices of the thickness of muscle contractile part, those of the slope of muscular fascicles and the indices of dynamometry are closely correlated and are determined by the level and character of limb functional loading. Muscular hypotrophy of the limb involved in patients leads to principal decrease of the slope of muscular fascicles, that means to decrease of muscular physiological diameter.

Keywords: leg, muscular function, hypodynamia, hyperdynamia.

---

Важнейшими критериями функционального состояния мышц конечностей является амплитуда изменения ее длины, показатели сократительной способности, параметры биоэлектрической активности, а также определяемые с помощью ультразвукового сканирования толщина и структура брюшка мышц [1, 2].

При анализе соотношения силы передней и задней групп мышц голени установлено, что показатели мышц-подошвенных сгибателей стопы (ПСС) в большей степени изменяются под влиянием спортивной тренировки и с увеличением возраста [3, 4], чем мышц-тыльных сгибателей стопы (ТСС). У больных с облитерирующим эндартериитом по мере прогрессирования заболевания сила мышц-ТСС снижает-

ся на 8%, а мышц-ПСС – на 22% [4].

Ранее было обнаружено, что после оперативного удлинения конечности происходит уменьшение перистости мышц [5], что напрямую связывалось с переориентацией направления мышечных пучков. Однако не исключено, что такое явление может быть обусловлено гипотрофией мышц, возникающей вследствие гиподинамии и под влиянием оперативного удлинения конечности.

Целью настоящего исследования явилось выяснение вопроса о влиянии гипердинамики у спортсменов и сниженной функциональной нагрузки у больных мужского пола на сократительную способность и структуру мышц голени.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы здоровые лица мужского пола 18-17 лет, не занимающиеся спортом (18 чел.) и спортсмены того же возраста с различным характером тренировок – легкоатлеты с цикличе-

ским характером нагрузки на нижние конечности, когда происходит преимущественно саркоплазматическая гипертрофия (22 чел.), и борцы со статическим характером нагрузки на нижние

конечности, когда наблюдается миофибриллярная гипертрофия (20 чел.). Масса тела обследуемых из группы спортсменов составила  $69 \pm 2$  кг, группы легкоатлетов –  $68 \pm 2$  кг, группы борцов –  $70 \pm 3$  кг.

Кроме того, обследовано 8 взрослых больных 18-44 лет с врожденным нарушением продольного роста голени одной из конечностей до и после оперативного уравнивания длины конечностей. Мы сочли невозможным использовать для сравнения показатели большей по объёму выборки лечившихся в клинике детей и подростков, поскольку у них свойства мышц существенно зависят от возраста.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Максимальный момент силы мышц-ПСС оказался наибольшим в группе борцов, несколько меньше – у легкоатлетов и у здоровых мужчин, не занимавшихся спортом (табл. 1). У больных на интактной голени показатель составил 70%, на поражённой – 65% от уровня нормы ( $p < 0,001$ ).

Максимальный момент силы мышц-ТСС больной конечности до лечения составил 86% от уровня интактной и мало отличался от показателя у здоровых мужчин. Относительно высокий уровень показателя сократительной способности передней группы мышц у больных является следствием того, что эта группа мышц на большем протяжении связана с большеберцовой костью, растёт и развивается вместе с ростом кости и, по-видимому, меньше подвержена тренирующим и детренирующим воздействиям. В силу этого обстоятельства, показатель максимальной силы передней группы мышц голени у обследуемых различных групп имеет меньшую дисперсию, чем мышц-ПСС. Если дисперсия показателя мышц-ПСС у борцов, легкоатлетов и спортсменов составила соответственно 1217, 1078 и 398, то передней группы мышц голени – 51, 56 и 40.

После оперативного удлинения поражённой голени у больных показатель силы мышц-ТСС составил 43% от уровня интактной конечности, снизившись на 63%. Следовательно, эта группа мышц оказывается более уязвимой при заболеваниях и повреждениях конечности [7].

Большинство мышц в организме человека имеют перистое или полуперистое строение. Биомеханика их сокращений существенно отличается от таковой у мышц, имеющих параллельно расположенные пучки, поскольку с увеличением угла их наклона увеличивается физиологический поперечник мышцы и ее сократительная способность [5]. Нам представилось интересным проследить изменение угла наклона

Максимальный момент силы мышц бедра и голени определялся с помощью динамометрического стенда [6], визуализацию мышц производили с использованием линейного датчика 7,5 мГц ультразвуковой диагностической установки «SONOLINE SI-450» (ФРГ, «Siemens»). Исследование производили в положении лежа в состоянии физического покоя и при максимальном сокращении исследуемых мышц.

Обработка результатов исследования проводилась на ПК при помощи стандартного программного обеспечения (Microsoft Excel, Statistica).

мышечных волокон и толщины мышц при их сокращении с максимальным усилием (рис. 1). Для наблюдения были взяты передняя большеберцовая мышца (*M. tibialis anterior*) и длинный разгибатель пальцев (*M. extensor digitorum longus*).

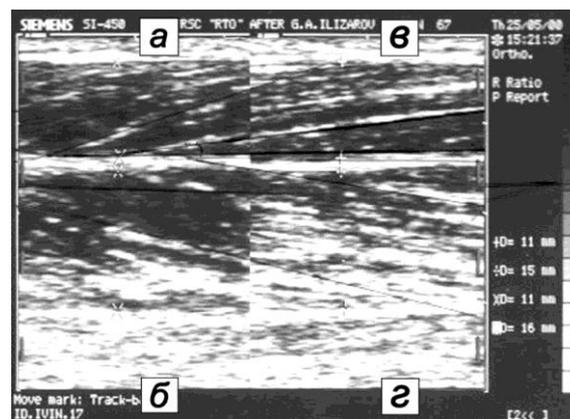


Рис. 1. Сонограммы передней большеберцовой мышцы (а) и длинного разгибателя пальцев (б) у неспортсмена в покое и при максимальном сокращении (в, г)

Угол наклона мышечных пучков у здоровых обследуемых в состоянии физического покоя был наименьшим у не занимающихся спортом (табл. 2). Прирост угла наклона пучков при максимальном сокращении передней большеберцовой мышцы был наибольшим у борцов, сравнительно меньше – у спортсменов и наименьшим – у легкоатлетов. В таком же порядке расположились показатели прироста угла наклона пучков и при сокращении длинного разгибателя пальцев. Та же закономерность прослеживается и при анализе толщины брюшка мышц. Самое толстое мышечное брюшко – у борцов, наименьшая изменчивость толщины – у легкоатлетов.

Таблица 1

Максимальный момент силы мышц голени (Н\*м)

Группы обследуемых	Число набл.	Момент силы мышц-ПСС	Момент силы мышц-ТСС	Силовой индекс антагонистов
Борцы	20	183,0±7,8	62,3±1,6	34%
Легкоатлеты	22	171,2±7,0	56,0±1,6	33%
Неспорсмены	18	153,2±4,7	48,9±1,5	32%
Больные до лечения (интактная конечность)	8	107,8±2,7	58,0±4,5	54%
Больные до лечения (пораженная конечность)	8	99,2±9,6	49,8±2,4	49%
Больные после лечения (интактная конечность)	6	128,4±45,8	43,5±10,5	34%
Больные после лечения (пораженная конечность)	6	81,8±36,7	18,7±11,4	23%

Таблица 2

Угол наклона мышечных пучков в покое и при сокращении

Группа обследуемых	Передняя б/берцовая мышца			Длинный разгибатель пальцев		
	Состояние покоя	Сокращение	Прирост	Состояние покоя	Сокращение	Прирост
Борцы	12,3±1,2	25,8±2,9	109%	13,7±2,2	27,7±1,9	102%
Л/атлеты	11,7±2,0	19,1±2,9	63%	11,3±2,1	19,3±3,5	71%
Неспорсмены	8,9±2,1	16,6±2,5	87%	9,7±1,8	16,9±3,2	74%

Таблица 3

Толщина брюшка мышц в покое и при сокращении

Группа обследуемых	Передняя б/берцовая мышца			Длинный разгибатель пальцев		
	Состояние покоя	Сокращение	Прирост	Состояние покоя	Сокращение	Прирост
Борцы	12,8±0,5	15,0±0,8	36%	15,5±0,8	17,8±1,1	15%
Л/атлеты	12,2±2,0	14,3±2,5	17%	14,6±1,8	15,8±1,3	8%
Неспорсмены	10,3±1,2	13,3±1,5	19%	12,7±1,8	15,0±1,5	21%

Выявлена зависимость угла наклона мышечных пучков от сократительной способности мышц, общая для больных (пораженная и интактная конечности) и здоровых обследуемых (рис. 2). С увеличением силы мышц угол наклона мышечных пучков неуклонно увеличивался. На пораженной конечности у больных угол наклона был меньше расчетного.

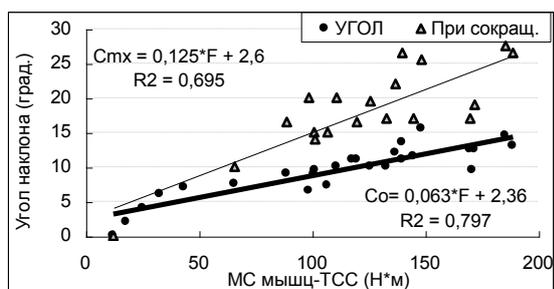


Рис. 2. Зависимость угла наклона мышечных пучков передней большеберцовой мышцы от силы мышц-ТСС до и после сокращения у обследуемых разных групп

Биомеханические расчеты показывают, что с увеличением угла наклона мышечных пучков уменьшается вектор силы. Поэтому увеличение угла более чем на 30° оказывается неэффективным, несмотря на то, что способствует росту физиологического поперечника мышц. У легкоатлетов увеличение сократительной способности мышц связано, по-видимому, с преимущественным увеличением массы мышц без соответствующего прироста количества миофибрилл. Во всяком случае, с увеличением силы мышц наблюдалось уменьшение прироста угла накло-

на мышечных пучков (рис. 3).

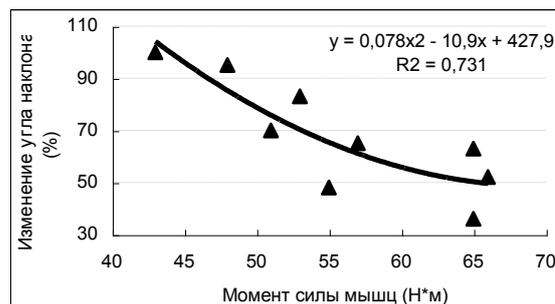


Рис. 3. Зависимость прироста угла наклона мышечных пучков от силы мышц при их сокращении у спортсменов-легкоатлетов

С увеличением толщины брюшка мышц у больных увеличивалась сила сокращения (рис. 4). У спортсменов-легкоатлетов с увеличением силы мышц при их сокращении прирост толщины не уменьшался, а увеличивался, что подтверждает положение о характере рабочей гипертрофии мышц (рис. 5).

Проведенная ультразвуковая визуализация мышц голени больных с односторонними укорочениями подтвердила, что у большинства пациентов имелись отклонения в структуре мышечной ткани, зависящие от многих факторов и в наибольшей степени – патологических изменений. До лечения у больных с врожденным укорочением одной из нижних конечностей при сохранении целостности берцовых костей отклонения в структуре мышц голени заключались в основном в уменьшении мышечного массива сегмента (рис. 6).

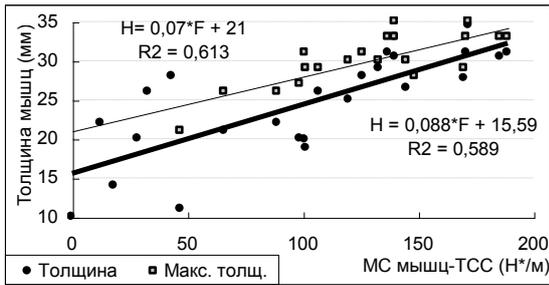


Рис. 4. Зависимость толщины передней группы мышц голени в покое и при сокращении от силы мышц-ТСС у обследуемых разных групп

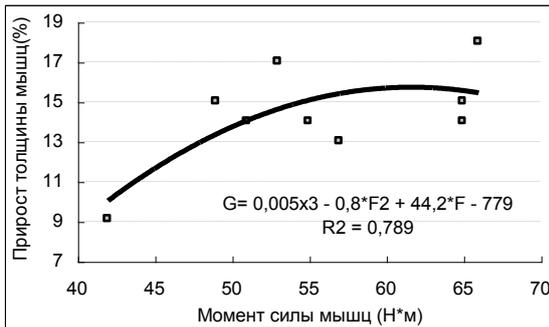


Рис. 5. Зависимость прироста толщины передней группы мышц голени от силы мышц-ТСС у спортсменов-легкоатлетов

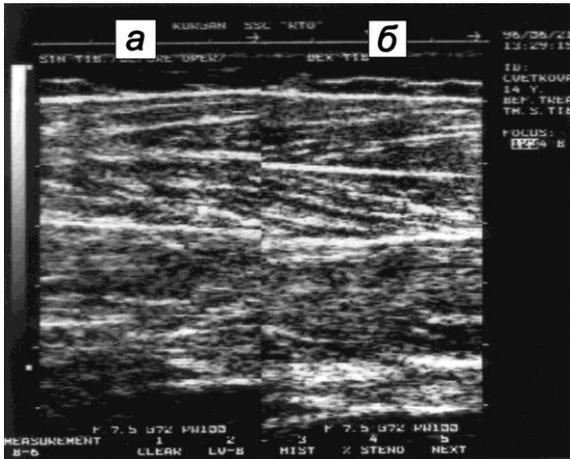


Рис. 6. Сонограмма передней группы мышц голени больной Ц., 14 лет, до лечения. Диагноз: врожденное укорочение левой нижней конечности: а) m. tibialis anterior и m. digitorum longus пораженной конечности; б) мышцы контралатеральной голени

Мышцы больных с отсутствием малоберцовой кости отличались нечеткой дифференциацией мышечной ткани. Толщина брюшка передней большеберцовой мышцы укороченной голени составляла  $4,8 \pm 0,8$  мм, что на 52% меньше значений интактной конечности ( $P \leq 0,05$ ). Угол наклона мышечных пучков передней большеберцовой мышцы относительно продольной оси интактной конечности составлял  $4,9 \pm 0,5^\circ$ , на пораженной –  $2,0 \pm 0,6^\circ$ .

В период distraction выявлено уменьшение толщины мышечных пучков передней группы

мышц удлиняемой голени, характер расположения их был близким к параллельному относительно продольной оси конечности (рис. 7).

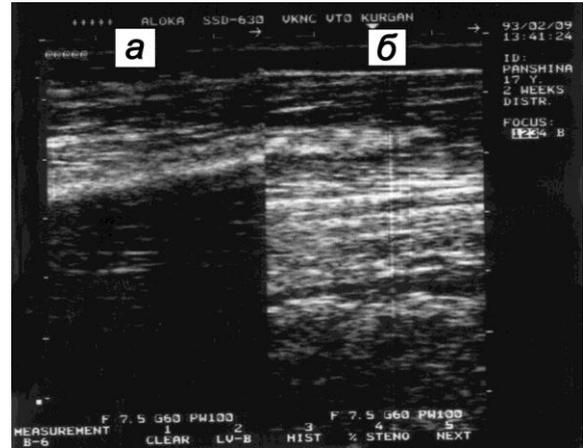


Рис. 7. Сонограмма передней группы мышц голени больной П., 17 лет. Диагноз: врожденное укорочение правой нижней конечности: а) мышцы удлиняемой голени к двум неделям distraction; б) мышцы интактного сегмента

Дозированное растяжение пораженной голени приводило к увеличению ее продольных размеров и уменьшению величины обхвата. Установлено, что в начале периода фиксации явления атрофии сохранялись – уменьшена толщина мышечного брюшка и истончены мышечные пучки (рис. 8).

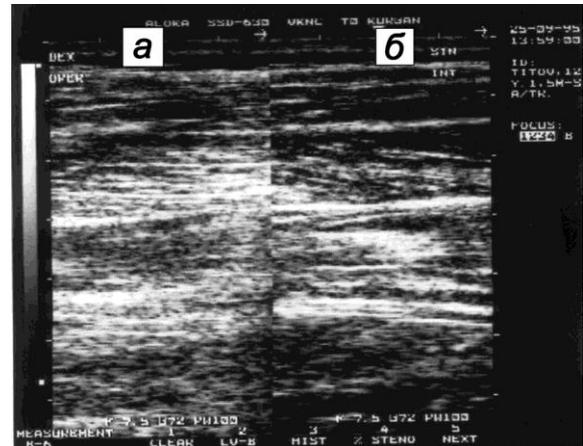


Рис. 8. Сонограмма передней группы мышц голени больного Т., 12 лет. Диагноз: врожденное укорочение правой нижней конечности: а) структура передней большеберцовой мышцы и длинного разгибателя пальцев через 1,5 месяца после лечения, б) интактная конечность

Таким образом, показатели толщины сократительной части мышц, угла наклона мышечных пучков и показатель динамометрии находятся в тесной взаимосвязи и определяются уровнем и характером функционального нагружения конечностей. Гипотрофия мышц пораженной конечности приводит к преимущественному снижению угла наклона мышечных пучков, то есть к снижению физиологического поперечника мышц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щуров В.А. Физиологические основы эффекта стимулирующего влияния растяжения тканей на рост и развитие при удлинении конечности по Илизарову: Автореф. дис... д-ра мед. наук. – Пермь, 1993. – 32с.
2. Влияние оперативного удлинения плеча на электрофизиологические характеристики дистальных нейро-мышечных структур /А.П. Шенин, В.И. Калякина, Г.А. Криворучно, М.С. Сайфутдинов // Чрескостный компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову в травматологии и ортопедии: Сб. научн. трудов. – Курган, 1985. - Вып. 10. - С. 124-132.
3. Щуров В.А., Гребенюк Л.А. Зависимость биомеханических свойств мышц голени от их длины у больных с патологией опорно-двигательного аппарата // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, № 3. – С. 104-112.
4. Щурова Е.Н., Гребенюк Л.А. Влияние хронической недостаточности периферического кровообращения на функциональное состояние мышц нижних конечностей // Физиология человека. - 2002. – Т. 28, № 5. – С. 59-64.
5. Зацюрский В.М. и др. Биомеханика двигательного аппарата человека / В.М. Зацюрский, А.С. Аруин, В.Н. Селуянов. - М.: Физкультура и спорт, 1981. - 143 с.
6. П. 2029536 РФ, МКИ<sup>6</sup> А 61 Н 1/00 Устройство для ангулодинамометрии / В.А. Щуров (РФ). - № 5042260/14; Заявл. 15.05.92; Опубл. 27.02.95. Бюл. № 6. – С. 114.
7. Особенности восстановления биомеханических свойств мышц-тыльных сгибателей стопы после удлинения голени по Илизарову / В.А. Щуров, Л.А. Гребенюк, Г.В. Дьячкова, Г.С. Джанбахишев // Ортопедо-травматологическая служба на Дальнем Востоке и пути ее совершенствования: Тез. зональной науч.-практ. конф. – Благовещенск, 1988. – С.87-89.

Рукопись поступила 30.12.02.

## Предлагаем вашему вниманию

---



**В.И. Шевцов, А.И. Лапынин, Н.М. Ключин**

### **МЕТОД ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ХРОНИЧЕСКИМ ОСТЕОМИЕЛИТОМ**

**Курган, Зауралье, 2001. – 221 с.**

**ISBN 5-87247-218-8**

Использование открытых Г.А. Илизаровым законов «адекватности кровоснабжения и нагрузки», а также «о стимулирующем влиянии напряжения растяжения на генез тканей» позволило подойти к лечению хронического остеомиелита с принципиально новых позиций. Суть новых решений заключается в одновременном решении задач подавления гнойно-воспалительного процесса и ортопедической реконструкции пораженных сегментов конечностей.

Вместе с тем, анализ накопленного опыта по применению метода чрескостного остеосинтеза показал, что на сегодняшний день не разработаны четкие показания и противопоказания к выбору конкретных видов оперативного лечения больных в зависимости от локализации остеомиелитического очага, величины остеомиелитических полостей и сопутствующих вторичных деформаций конечностей, не разработаны пути устранения ошибок и осложнений при использовании чрескостного остеосинтеза. Все это определило необходимость данного исследования.

Монография рассчитана на широкий круг хирургов, ортопедов и врачей, использующих метод чрескостного остеосинтеза аппаратами наружной фиксации.

---