

## **ХАРАКТЕРИСТИКА АРХИТЕКТониКИ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ КОНЕЧНОСТИ ПО МЕТОДУ ИЛИЗАРОВА**

**Гребенюк Л.А.<sup>1</sup>, Грязных А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова Минздрава России», Курган, e-mail: lyudamusa@yahoo.com;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», Ханты-Мансийск

Цель работы – изучить особенности архитектоники скелетных мышц голени врожденно-укороченной нижней конечности с помощью ультрасонографии в различные периоды лечения по методу Илизарова. Обследованы 62 пациента с врожденной аномалией одной из нижних конечностей. Возрастной диапазон составил 5–36 лет (четыре возрастные группы). В контрольную группу вошли 30 здоровых сверстников. Установлено наличие признаков гипотрофии мышц передней группы пораженной голени у пациентов всех возрастных групп как до лечения, так и в отдаленном периоде после его завершения. Толщина *m. tibialis anterior* и *m. extensor digitorum longus* нелинейно нарастала в зависимости от возраста. В процессе оперативного лечения установлены закономерные перестройки мышечной структуры пораженной конечности: наблюдались реорганизация хода мышечных пучков – умеренно выраженная переориентация их хода относительно продольной оси конечности, а также повышение уровня их эхогенности. Под влиянием растягивающих усилий мышечные пучки располагались параллельно вектору distraction, т.е. продольной оси конечности. Толщина мышц оставалась сниженной относительно нормы. Выведены уравнения корреляционной зависимости эхоморфометрических параметров мышц от возраста. В отдаленные сроки после завершения лечения по мере восстановления архитектоники мышц ход пучков прослеживался удовлетворительно. Это свидетельствует о выраженных структурных перестройках мышц конечностей после удлинения сегментов. Отмеченная гипотрофия сохранялась в отдаленные сроки наблюдения. Определены более высокие параметры эхогенности мышц в младшей возрастной группе и у взрослых пациентов. Установлено, что уровень эхогенности мышц укороченной и удлиненной голени статистически значимо превышал аналогичный показатель у здоровых людей. Характер протекания восстановительных процессов в скелетных мышцах в исследованных возрастных группах пациентов различается, что указывает на целесообразность дифференцированного подхода при создании программ физической и социальной реабилитации.

Ключевые слова: скелетные мышцы, врожденное укорочение, конечность, удлинение по Илизарову, ультрасонография, площадь поперечного сечения, уровень эхогенность.

## **CHARACTERISTICS OF ARCHITECTONICS OF SKELETAL MUSCLES OF IN TREATMENT OF PATIENTS WITH ORTHOPEDIC PATHOLOGY EXTREMITY BY THE ILIZAROV METHOD**

**Grebennyuk L.A.<sup>1</sup>, Gryaznykh A.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Institution “Russian Scientific Center“ Reconstructive Traumatology and Orthopedics “named after Academician G.A. Ilizarov of the Ministry of Health of Russia”, Kurgan, e-mail: lyudamusa@yahoo.com;

<sup>2</sup>FSBEI HE “Ugra State University”, Khanty-Mansiysk

The purpose of the work is to study the architectonics of the skeletal muscle of the lower leg of a congenitally shortened lower limb using ultrasonography at different periods of treatment according to the Ilizarov method. 62 patients with a congenital anomaly of one of the lower extremities were examined. The age range was 5-36 years. The control group included 30 healthy people. The presence of signs of muscle hypotrophy of the muscles of the anterior group of the affected lower leg in patients of all age groups both before treatment and in the long term after its completion. Thickness *m. tibialis anterior* and *m. extensor digitorum longus* nonlinearly increased with age. During surgical treatment, regular changes in the muscle structure of the affected limb were established: there was a reorganization of the course of the muscle bundles - a moderately pronounced reorientation of their course relative to the longitudinal axis of the limb, as well as an increase in their echogenicity. Under the influence of tensile forces, muscle bundles were parallel to the distraction vector, i.e. longitudinal axis of the limb. Muscle thickness remained reduced relative to normal. Equations of the correlation dependence of echomorphometric muscle parameters on age are derived. After completion of treatment, as the

structural and functional properties of the muscles were restored, the course of the bundles was satisfactorily traced. This indicates a pronounced structural rearrangement of the muscles of the limbs in the long term after the lengthening of the segments. Marked malnutrition persists in the long term after treatment. Higher muscle echogenicity parameters were determined in the younger age group and in adult patients. It was found that the level of echogenicity of the muscles of the shortened and elongated tibia was statistically significantly higher than in healthy people. The nature of the course of recovery processes in skeletal muscles in the studied age groups of patients varies, which indicates the feasibility of a differentiated approach when creating programs of physical and social rehabilitation.

Keywords: skeletal muscle, congenital shortening, limb, lengthening by Ilizarov, ultrasonography, cross-sectional area, echogenicity intensity.

Использование метода чрескостного дистракционного остеосинтеза по Илизарову предусматривает его дальнейшее развитие в целях улучшения анатомо-функциональных результатов и социальной адаптации пациентов с врожденными аномалиями развития конечностей [1]. В литературе отмечаются эффекты стимуляции репаративной регенерации нервов с помощью различных способов [2]. Исследованы эффекты влияния низкочастотного ультразвука на особенности протекания остеогенеза при использовании метода Илизарова [3]. При нарушении роста и развития костей в патологический процесс вовлекаются различные мягкотканые структуры – мышцы, нервы, кровеносные сосуды, хрящевая ткань.

На характер формирования вновь образующейся костной ткани при оперативном удлинении влияет состояние мягких тканей – мышц, покровной ткани, нервов, сосудов, функционирующих как единый комплекс, обеспечивающий перераспределение кровотока, адекватную реакцию на дистракцию и в последующем – скорость протекания восстановительных процессов после пролонгированного дозированного растяжения [4, 5].

Скелетные мышцы обладают различным уровнем пластичности и функциональными возможностями у молодых людей и у лиц зрелого возраста [6, 7]. Поэтому при патологии костно-мышечной системы важно отслеживать структурные перестройки мышц в процессе лечения и в условиях использования метода Илизарова реализовывать дифференцированный подход к восстановлению их силовых показателей и локомоторной активности.

Таким образом, в опорно-двигательном аппарате у таких пациентов между скелетными мышцами и костными структурами имеется тесная анатомо-функциональная взаимосвязь [8, 9]. При недоразвитии костей конечностей, их укорочении и деформации скелетные мышцы длительный период остаются неиспользованными. Это влечет за собой снижение биосинтетических процессов и преобладание скорости деградации сократительных белков [10]. Однако уравнивание конечностей обеспечивает воссоздание структурно-функционального состояния их различных компонентов, восстанавливает опороспособность конечности и расширяет локомоторную активность таких пациентов. Поэтому углубленная оценка изменения архитектоники скелетных мышц при врожденной ортопедической

патологии и при устранении неравенства длины конечностей имеет важное теоретическое и практическое значение.

Ультразвуковые методы визуализации скелетных мышц находят достаточно широкое применение при нервно-мышечных и врожденных заболеваниях [11], а также при травматических повреждениях конечностей и осевого скелета. Известно, что скелетные мышцы являются важной составляющей, обеспечивающей оптимальный уровень здоровья [12]. Понимание конкретных изменений, которые происходят при мышечной атрофии и гипертрофии, может облегчить разработку новых методов исследования, а также новых методов лечения пораженных мышц [10].

Анализ литературы показывает, что структурная перестройка мышц конечностей при врожденных аномалиях у пациентов различного возраста изучена недостаточно. В частности, имеются лишь единичные исследования динамики восстановительных процессов структуры мышечной ткани после оперативного удлинения сегментов.

Цель работы – изучить особенности архитектоники скелетных мышц голени врожденно-укороченной нижней конечности на основе применения ультрасонографии в различные периоды лечения по методу Илизарова.

#### **Материалы методы исследования**

Нами были обследованы 62 пациента различного возраста с врожденной аномалией одной из нижних конечностей. Возрастной диапазон составил 5–36 лет (четыре возрастные группы). В контрольную группу вошли 30 здоровых людей. Для неинвазивного изучения структуры мышц использовали ультрасонографию (УСГ). УСГ мышц нижней конечности проводили с использованием линейного датчика 7,5 МГц ультразвуковой диагностической установки Logiq (GE, USA) и SONOLINE SI-450 (Siemens) в В-режиме. Исследования проводили до начала оперативного удлинения по методу Илизарова и в отдаленном периоде после лечения, т.е. по прошествии более чем 12 месяцев. Оценивали состояние *m. tibialis anterior* и *m. extensor digitorum longus*. Исследование производили в положении лежа в состоянии физического покоя, при максимальном разгибании в коленном суставе и сгибании в голеностопном суставе под углом 90° исследуемых мышц.

Статистическая обработка результатов включала определение типа распределения выборочной совокупности данных, расчеты среднего значения и медианы, величины стандартного отклонения и стандартной ошибки. Использовали статистическую программу AtteStat в среде Excel (разработчик И.П. Гайдышев).

#### **Результаты и их обсуждение**

В ходе исследования при проведении анализа антропометрических показателей – массы тела и роста – в группе пациентов до лечения выявлена линейная зависимость от возраста (табл. 1).

Таблица 1

Возрастная динамика антропометрических показателей у пациентов с врожденным укорочением голени до оперативного лечения,  $M \pm \sigma$

Статистический параметр	Возраст, годы	Масса тела, кг	Рост, см
$M \pm \sigma$ , 5–8 лет, n=24	6.9 ± 1.0 (6.5:7.4)	18.9 ± 4.1 (16.8:21.1)	112.0 ± 11.2 (106.4:117.9)
m	0.2	1.0	2.7
$M \pm \sigma$ , 9–12 лет, n=23	10.2 ± 1.0 (9.7:10.6)	35 ± 6.9 (30.9:39.2)	139.9 ± 9.1 (134.4:145.4)
m	0.2	1.9	2.5
$M \pm \sigma$ , 13–17 лет, n=9	14.8 ± 1.5 (13.6:15.9)	38.2 ± 9.6 (22.9:53.4)	151.0 ± 9.6 (133.0:169.0)
m	0.5	4.8	5.6
$M \pm \sigma$ , 18–36 лет, n=6	24.2 ± 6.62 (17.22:31.1)	71.75 ± 5.91 (62:81.15)	168.88 ± 12.59 (148.83:188.92)
m	2.7	2.95	6.29

Прим.  $M \pm \sigma$ , где  $M$  – среднее значение,  $\sigma$  – стандартное отклонение, m – стандартная ошибка, n – число наблюдений.

Аппроксимация антропометрических характеристик выявила линейную зависимость массы тела и роста от возраста. Для массы тела пациентов до начала лечения уравнение имело следующий вид:

$$M \text{ (кг)} = 16,175 \times B + 0,525 \text{ (R}^2=0,8852\text{)};$$

$$\text{для роста тела} - P = 18,144 \times B + 97,61 \text{ (R}^2=9693\text{)}.$$

$M$  – масса тела (кг);  $B$  – возраст (годы);  $P$  – рост тела (см).

По результатам измерения анатомической длины голени установлена средняя величина укорочения пораженной голени у больных различного возраста (табл. 2).

Таблица 2

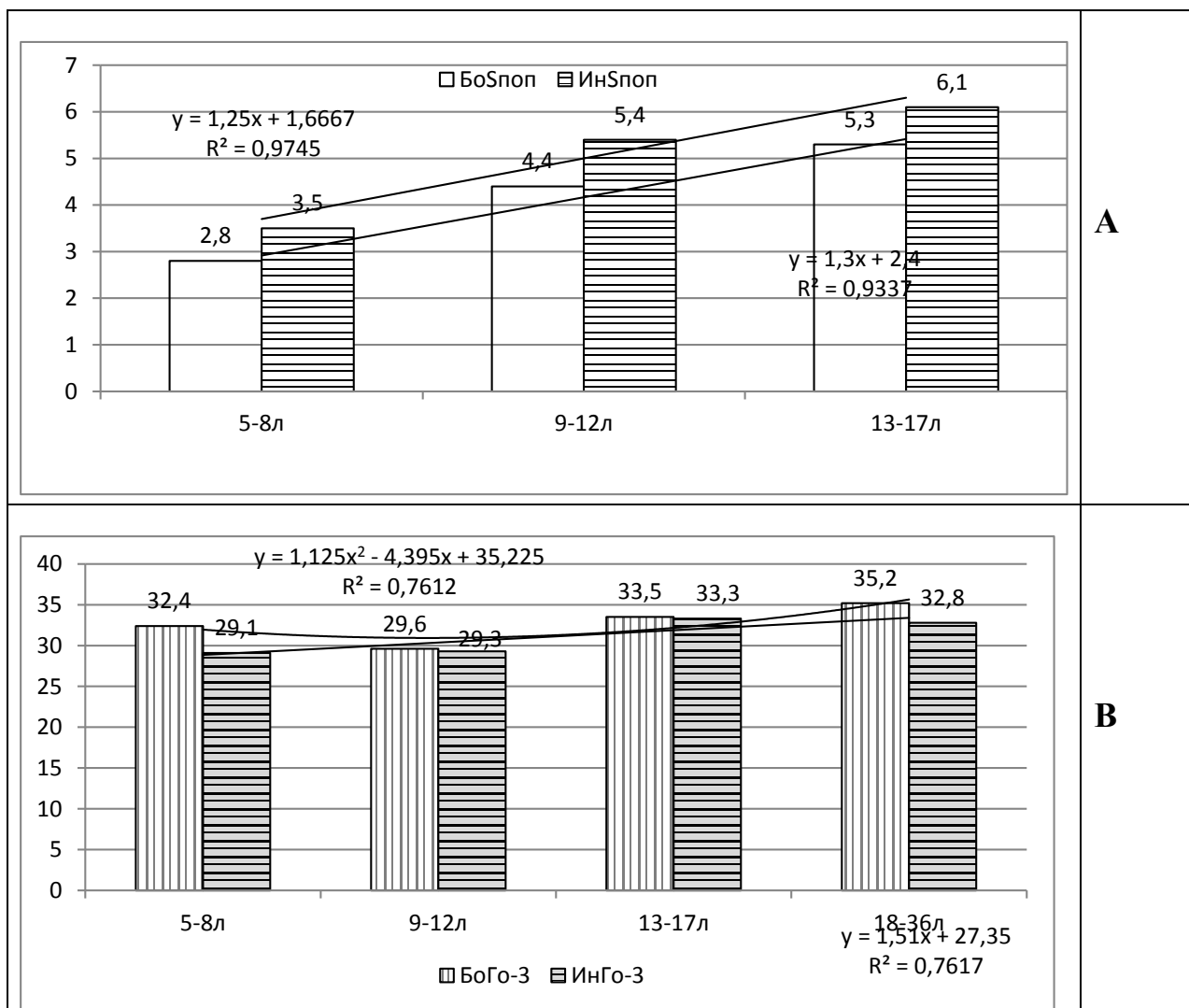
Динамика анатомических параметров пораженной голени до лечения у пациентов в процессе естественного роста

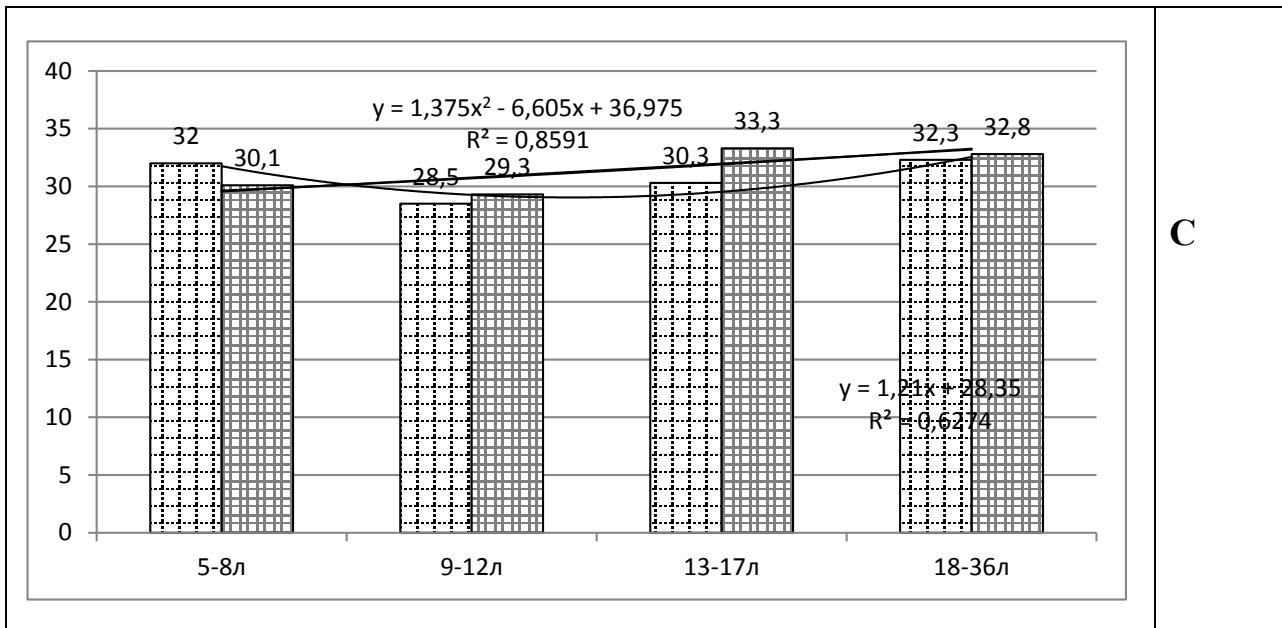
Параметр	Возраст, годы	Величина удлинения	Величина укорочения	Длина больной голени	Длина интактной голени	Окружность больной голени	Окружность интактной голени
$M \pm \sigma$ , 5–8 лет, n=24	6.9 ± 1.0 (6.5:7.4)	5.2 ± 1.0 (4.43:5.9)	5.1 ± 2.9 (4.0:6.3)	20.2 ± 3.0 (18.5:21.9)	23.9 ± 3.2 (22.1:25.7)	19.2 ± 3.0 (17.6:20.8)	22.2 ± 1.8 (21.2:23.1)
m	0.2	0.2	0.6	0.8	0.8	0.8	0.4
$M \pm \sigma$ , 9–12 лет, n=23	10.2 ± 1.0 (9.7:10.6)	3.9 ± 1.8 (2.8:4.9)	3.6 ± 1.6 (2.9:4.4)	28.6 ± 3.7 (26.2:31.1)	31.5 ± 3.7 (29.2:33.7)	26.5 ± 3.9 (23.9:29.1)	28.0 ± 3.9 (26.0:31.2)
m	0.2	0.5	0.4	1.1	1.0	1.2	1.2

M±σ, 13–17 лет, n=9	14.8±1.5 (13.6:15.9)	2.9±1.0 (1.9:3.8)	3.3±2.2 (1.3:5.3)	32.8±3.8 (26.7:38.8)	34.8±2.2 (31.2:38.3)	27.5±1.3 (25.4:29.6)	27.8±1.3 (25.7:29.8)
m	0.5	0.4	0.8	1.9	1.1	0.6	0.6
M±σ, 18–36 лет, n=6	24.2±6.62 (17.2:31.1)	2.6±1.14 (1.2:4.02)	3.3±2.11 (1.7:5.92)	38.6±6.5 (30.5:46.7)	41.7±3.74 (37.1:46.3)	34.8±2.78 (31.4:38.3)	36.6±3.51 (32.3:40.9)
m	2.7	0.51	0.94	2.91	1.67	1.24	1.57

Прим.: M±σ, где M – среднее значение, σ – стандартное отклонение, m – стандартная ошибка, n – число наблюдений.

Как вытекает из таблицы 2, прирост длины голени при оперативном удлинении соответствовал величине укорочения пораженного сегмента. Наибольшее укорочение голени наблюдалось у пациентов 5–8 лет и составило 5,1±2,9 см. В соответствии с этим у них же была максимальная величина удлинения, составившая 5,2±1,0 см. В более старших возрастных группах величина удлинения составляла от 2,6±1,14 до 3,9±1,8 см. Величина обхвата пораженной голени оказалась меньше параметра интактного сегмента, хотя у пациентов 13–17 лет окружность обеих голеней была идентичной и составила 27,5±1,3 см и 27,8±1,3 см соответственно (табл. 2).





С

Рис. 1. Возрастная динамика эхоморфометрических характеристик мышц передней группы голени у пациентов с врожденно-укороченной нижней конечностью. Принятые обозначения: БоSp – площадь поперечного сечения передней группы мышц пораженной голени (см<sup>2</sup>), ИнSp – тот же показатель для интактной голени. БоГо-3 – уровень эхогенности *m. tibialis anterior*, БоГо4 – эхогенность для *m. extensor digitorum longus* пораженной голени. ИнГо3, ИнГо4 – для интактного сегмента

Иные соотношения размеров передней группы мышц голени установлены при их ультразвуковом тестировании (рис. 1А). У обследованных нами пациентов в возрасте от 5 до 17 лет прослеживались статистически значимые более низкие величины площади поперечного сечения передней группы мышц пораженной голени. Это свидетельствует о наличии признаков гипотрофии тестируемых мышц укороченного сегмента до лечения по сравнению с показателями на интактной голени. Вместе с тем уровень эхогенности мышц укороченной голени у пациентов 5–8 и 18–36 лет превышал параметр на интактном сегменте (рис. 1В, 1С). У больных 9–17 лет показатель эхогенности *m. tibialis anterior* достоверно не отличался. Иные соотношения выявлены для *m. extensor digitorum longus*. Сохранялось превышение уровня эхогенности указанной мышцы на пораженной голени у пациентов 5–8 лет, идентичные значения наблюдались в возрастных группах пациентов 9–12 лет и 18–36 лет (рис. 1С).

В отдаленном периоде после удлинения голени признаки гипотрофии передней группы мышц сохранялись, причем различие в величине площади поперечного сечения нарастало (рис. 2). Были получены следующие уравнения аппроксимации.

Площадь поперечного сечения передней группы удлиненной голени:

$$\text{Споп.удл.} = 1,417 \text{ В} + 1,255 \text{ (R}^2 = 0,9321\text{)};$$

для интактной –  $С_{поп.инт.} = 2,322 В + 0,775$  ( $R^2 = 0,9793$ ), где  $С_{поп.удл.}$  – анатомический поперечник пораженного сегмента ( $см^2$ );  $С_{поп.инт.}$  – площадь поперечного сечения интактного сегмента ( $см^2$ );  $В$  – возраст (годы).

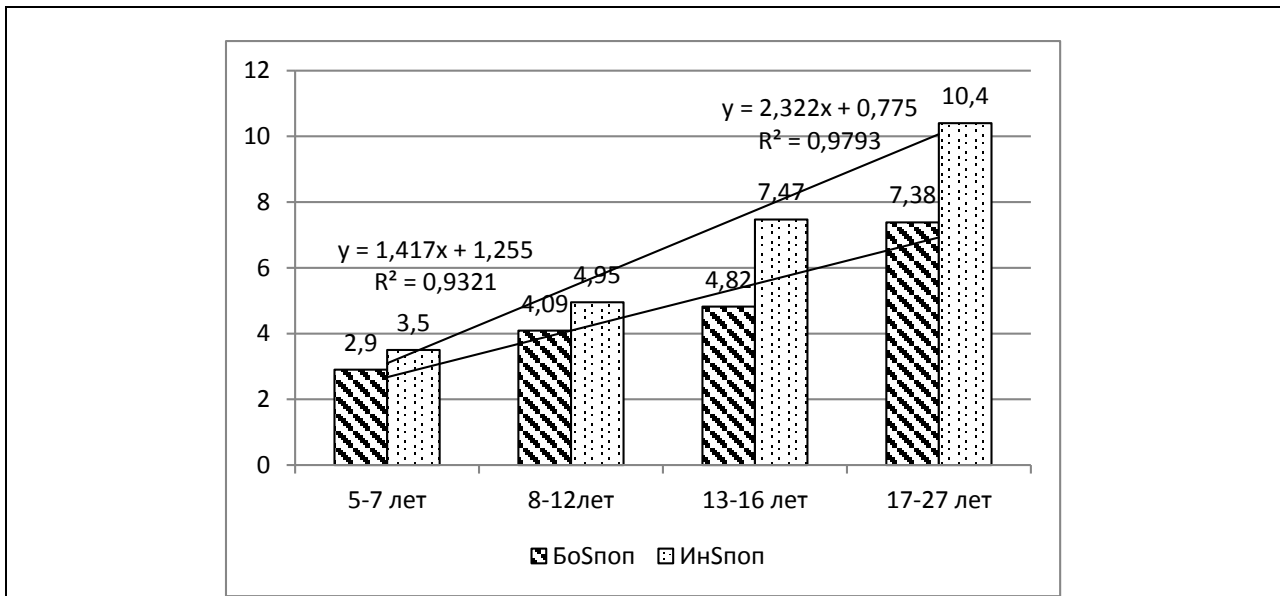


Рис. 2. Возрастная динамика анатомического поперечника передней группы мышц голени в отдаленном периоде после ее оперативного удлинения. Приняты обозначения: *БоSпоп* – поперечник для удлиненной голени, *Ин Sпоп* – для интактного сегмента

Анализ результатов УСГ показал, что уровень эхогенности *m. tibialis anterior* удлиненного сегмента в сроки, превышающие 12 месяцев после лечения, колебался в диапазоне от 32,4 до 39,4 усл. ед., в то время как на интактном сегменте изучаемый показатель был ниже и колебался от 26,6 усл. ед. до 37,3 усл. ед. (рис. 3). Были выведены уравнения аппроксимации возрастной зависимости эхогенности *m. tibialis anterior* в отдаленном периоде после завершения лечения по Илизарову:

Для пораженной голени уравнение имело вид –

$$УЭпор. = 2,975В^2 - 14,245В + 48,645 (R^2 = 0,9941);$$

для интактного сегмента уравнение аппроксимации –

$УЭинт. = 4,925В^2 - 24,115В + 54,875$  ( $R^2 = 0,9985$ ),  $УЭпор.$  – уровень эхогенности пораженного сегмента,  $УЭинт.$  – интактной голени.

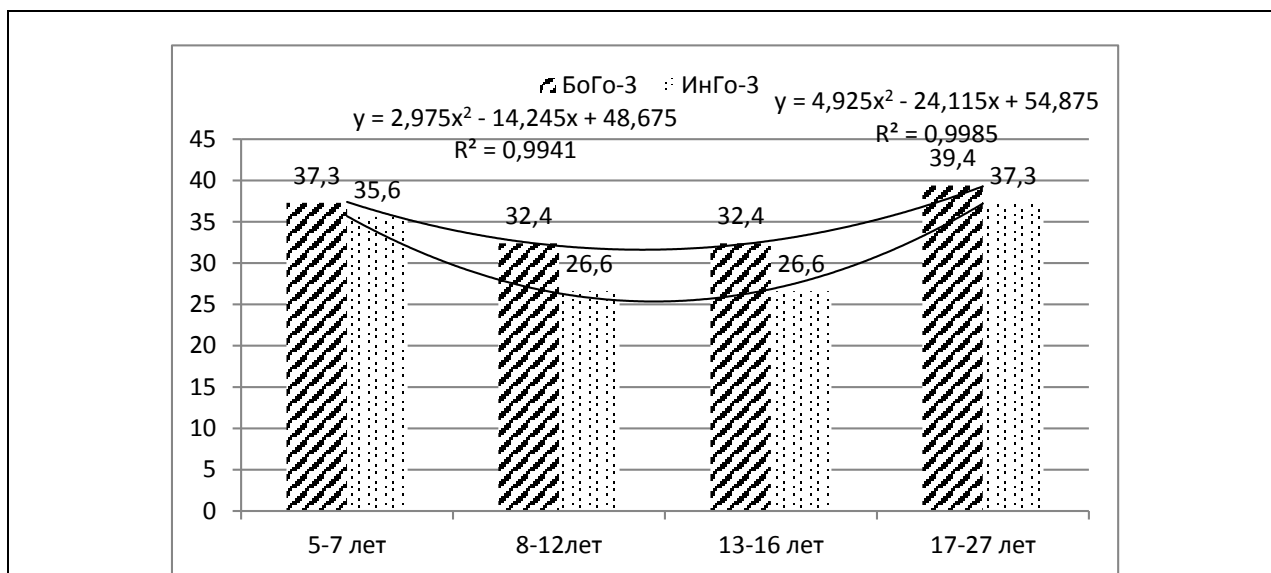


Рис. 3. Возрастная динамика уровня эхогенности *m. tibialis anterior* удлинненной голени в отдаленном периоде после лечения. Обозначения: БоГо-3 – уровень эхогенности указанной мышцы пораженной голени; ИнГо-3 – эхогенность *m. tibialis anterior* интактной голени

Следовательно, эхогенность исследованной мышцы пораженной конечности была выше соответствующего параметра на интактной конечности ( $p < 0,05$ ). Это свидетельствует о различиях в структурной архитектонике мышц передней группы пораженной и интактной конечности, несмотря на достигнутое уравнивание анатомической длины сегментов.

Ряд авторов описали в скелетных мышцах явления как атрофии, так и выраженной гипертрофии [10, 13]. При длительном неиспользовании скелетной мышцы деградация сократительных белков становится выше скорости восстановления, что приводит к атрофии мышц. Этот дефект может возникать в результате аномалии развития сегмента конечности и нарушения периферического кровообращения, при нарушении нервной регуляции, снижении или отсутствии функциональной нагрузки конечности («неиспользовании»), инволютивных процессах при старении, длительной иммобилизации вследствие скелетной травмы.

### Заключение

Современные неинвазивные методы визуализации мягкотканых структур конечностей, в том числе ультразвукография, позволяют изучить динамические изменения скелетных мышц в процессе оперативного удлинения по методу Илизарова. Анализ полученных результатов показал, что наибольшее укорочение голени наблюдалось у пациентов в возрасте 5–8 лет и составило  $5,1 \pm 2,9$  см. В соответствии с этим у них же была максимальная величина удлинения, составившая  $5,2 \pm 1,0$  см. В группах более старшего возраста величина удлинения составляла от  $2,6 \pm 1,14$  см до  $3,9 \pm 1,8$  см.

Целесообразность таких исследований состоит в необходимости оценить особенности их структуры как до начала лечения, так и в процессе реабилитации для создания программы



восстановительного лечения и достижения хорошего анатомо-функционального результата лечения. В нашем исследовании выявлено наличие признаков гипотрофии мышц передней группы пораженной голени у пациентов всех возрастных групп. Отмеченная гипотрофия сохраняется в отдаленные сроки после завершения оперативного лечения. Определены более высокие параметры эхогенности указанных мышц в младшей возрастной группе и у взрослых пациентов. Установлено, что уровень эхогенности мышц укороченной и удлинённой голени статистически значимо превышал показатель у здоровых людей. С учетом данных литературы эхоморфометрические показатели и уровень эхогенности указывают на качество мышц у людей с врожденными аномалиями развития, в частности на наличие фиброза и жировой инфильтрации, что приводит к их дисфункции.

Выявлен факт изменения текстуры исследованных мышц пораженного сегмента до начала лечения, в процессе пролонгированного дозированного растяжения и после его завершения. Так, прослеживались изменение хода мышечных пучков и расположение их параллельно продольной оси конечности, т.е. параллельно вектору растягивающих усилий в системе «аппарат – конечность». В последующем архитектура скелетных мышц восстанавливалась, текстура ткани приобретала типичный рисунок, хотя мышечные пучки оставались более тонкими по сравнению с таковыми на интактном сегменте. Характер протекания восстановительных процессов в скелетных мышцах в исследованных разных возрастных группах пациентов различается, что указывает на целесообразность дифференцированного подхода при создании программ реабилитации для физической и социальной адаптации пациентов с ортопедической патологией.

### **Список литературы**

1. Morasiewicz P., Morasiewicz L., Stępniewski M., Orzechowski W., Morasiewicz M., Pawik Ł., Wrzosek Z., Dragan S. Results and biomechanical consideration of treatment of congenital lower limb shortening and deformity using the Ilizarov method. *Acta Bioeng Biomech.* 2014. V. 16(1). P. 133-140.
2. Daeschler S.C., Harhaus L., Bergmeister K.D., Boecker A., Hoener B., Kneser U., Schoenle P. Clinically Available Low Intensity Ultrasound Devices do not Promote Axonal Regeneration After Peripheral Nerve Surgery-A Preclinical Investigation of an FDA-Approved Device. *Front Neurol.* 2018. V. 9. P. 1057. DOI: 10.3389/fneur.2018.01057.
3. Шевцов В.И., Попков А.В., Аранович А.М., Попков Д.А., Щуров В.А., Мартель И.И., Гребенюк Л.А., Сысенко Ю.М. Влияние импульсного ультразвука низкой интенсивности на течение репаративного остеогенеза // *Гений ортопедии.* 2004. № 1. С. 81-88.

4. Шевцов В.И., Гребенюк Л.А., Попков А.В., Гребенюк Е.Б. Динамика акустических свойств покровных тканей и содержание гидроксипролина при оперативном лечении врожденных аномалий развития конечностей // Вестник Российской академии медицинских наук. 2009. № 6. С. 37-42.
5. Шевцов В.И., Гребенюк Л.А., Щуров В.А. Структурные основы биомеханических свойств кожи при растяжении // Успехи физиологических наук. 2003. Т. 34. № 3. С. 78-88.
6. Brook M.S., Wilkinson D.J., Phillips B.E., Perez-Schindler J., Philp A., Smith K., Atherton P.J. Skeletal muscle homeostasis and plasticity in youth and ageing: impact of nutrition and exercise. *Acta Physiol. (Oxf)*. 2016. V. 216(1). P. 15–41. DOI: 10.1111/apha.12532.
7. Michael Tieland, Inez Trouwborst, Brian C. Clark Skeletal muscle performance and ageing. *J. Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018. V. 9(1). P. 3–19. DOI: 10.1002/jcsm.12238.
8. Cody T. Haun, Christopher G. Vann, Brandon M. Roberts, Andrew D. Vigotsky, Brad J. Schoenfeld, Michael D. Roberts A. Critical Evaluation of the Biological Construct Skeletal Muscle Hypertrophy: Size Matters but So Does the Measurement. *Front Physiol*. 2019. V. 10. P. 247. DOI: 10.3389/fphys.2019.00247.
9. Laurène M. André, C. Rosanne M. Ausems, Derick G. Wansink, Bé Wieringa. Abnormalities in Skeletal Muscle Myogenesis, Growth, and Regeneration in Myotonic Dystrophy. *Front Neurol*. 2018. V. 9. P. 368. DOI: 10.3389/fneur.2018.00368.
10. Boonyarom O., Inui K. Atrophy and hypertrophy of skeletal muscles: structural and functional aspects. *Acta Physiol. (Oxf)*. 2006. V. 188(2). P. 77-89.
11. Rahmani N., Mohseni-Bandpei M.A., Vameghi R., Salavati M., Abdollahi I. Application of ultrasonography in the assessment of skeletal muscles in children with and without neuromuscular disorders: a systematic review. *Ultrasound Med. Biol*. 2015. V. 41(9). P. 2275-2283. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.04.027.
12. Manring H., Abreu E., Brotto L., Weisleder N., Brotto M. Novel excitation-contraction coupling related genes reveal aspects of muscle weakness beyond atrophy-new hopes for treatment of musculoskeletal diseases *Front Physiol*. 2014. V. 18(5)5. P. 37. DOI: 10.3389/fphys.2014.00037.
13. Takka S., Doi K., Hattori Y., Kitajima I., Sano K. Proposal of new category for congenital unilateral upper limb muscular hypertrophy. *Ann. Plast. Surg*. 2005. V.54(1). P. 97-102.