

**Л.А. Гребенюк, Е.Б. Гребенюк,
С.О. Мурадисинов**
*Российский научный центр
«Восстановительная травматология и
ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова,
г. Курган*

К ВОПРОСУ ОБ ОЦЕНКЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ ЛЕЧЕНИИ ПАЦИЕНТОВ С ВРОЖДЕННЫМИ АНОМАЛИЯМИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Аннотация. Проведен анализ морфофункционального состояния различных структур верхней конечности при лечении по методу Илизарова больных с врожденной аномалией развития сегментов. Предложен способ определения структурной неоднородности мышц на основе показателей эхографии, сформулированы дополнительные критерии определения уровня их адаптации к новым биомеханическим условиям функционирования.

Ключевые слова: функциональное состояние, верхняя конечность, показатель структурной неоднородности мышц, эхография.

**L.A. Grebenyuk, E.B. Grebenyuk,
S.O. Muradisinov**
*The Federal State-Financed Institution Russian
Ilizarov Scientific Center for Restorative
Traumatology and Orthopaedics of the RF
Ministry of Healthcare and Social Development,
Kurgan*

TO THE QUESTION OF THE FUNCTIONAL CONDITION ASSESSMENT OF THE UPPER EXTREMITY AT EXPEDITIOUS TREATMENT OF PATIENTS WITH CONGENITAL ANOMALIES OF DEVELOPMENT OF THE FOREARM

Annotation. In this article the functional state of upper extremity by Ilizarov treatment method was analyzed. It considers the additional parameter of echo graphic heterogeneity of muscle structure at different periods of treatment.

Keywords: functional condition, an upper extremity, parameter of heterogeneity of muscle structure, echography.

Анализ современной литературы показывает, что у пациентов с врожденной ортопедической патологией оценка функционального состояния верхней конечности освещается недостаточно. Это объясняется следующими причинами: сложностью патологии, когда невозможно осуществить динамометрию ввиду аплазии одного или нескольких пальцев кисти и отсутствия функции хвата; вовлечением в патологический процесс смежных суставов и порочным положением кисти; выраженными патологическими изменениями различных анатомических структур сегментов конечности – отсутствием некоторых мышц, атипичной локализацией точек прикрепления имеющихся мышц. О важности исследования структуры мышц укороченного предплечья указывается в работе [1]. В этом аспекте целесообразность проводимого в РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова реконструктивно-восстановительного лечения пациентов с врожденной аномалией развития верхней конечности поддерживается многими ортопедами-представителями разных научных школ. Лечение таких пациентов сочетает в себе коррекцию деформации, удлинение сегмента, а также улучшение функции смежных суставов. Методом выбора при удлинении конечностей является дистракционный остеосинтез по Илизарову. Разрабатываемый подход раннего оперативного лечения врожденной косорукости и других форм аномалии развития предплечья доказал адекватность выработанной стратегии лечения, но вместе с тем поставил ряд нерешенных задач. Это касается алгоритма как предоперационного обследования структурно-функционального состояния верхней конечности, так и выработки критериев оценки полученных результатов лечения в целях решения проблемы дальнейшей тактики лечения по мере естественного роста больных детского возраста.

Цель исследования - провести анализ морфофункциональных параметров различных структур верхней конечности и предложить дополнительные критерии прижизненной оценки ее мышечного аппарата как составляющих алгоритма обследования пациентов с ортопедической патологией.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На ультразвуковой установке Sonoline SI-250 (Siemens, датчик с частотой 7,5 МГц) визуализировали ямку локтевого отростка (9 больных, 13 сегментов), а также фиброзный тяж в случае гипо- или аплазии лучевой кости (9 пациентов в возрасте 3-9 лет, 13 сегментов). Оценивали структуру лучевой группы мышц предплечья у 40 больных в возрасте от 4 до 18 лет (до лечения - у 17 больных (21 сегмент), после снятия аппарата - у 23 чел. (34 сегмента)). Силовые параметры мышц (кг) предплечья определяли с помощью кистевого динамометра (модель ДРП-90 и ДРП-30). Функция локтевого и лучезапястного суставов оценивалась в процентах от нормы (20 чел.) до и после оперативного лечения. Всю совокупность пациентов с учетом ортопедического статуса составили: больные с гипо- и аплазией лучевой кости – лучевой косорукостью (25 чел., 31 сегмент); с гипо- и ап-

лазией локтевой кости – локтевой косорукостью (9 чел., 11 сегментов), больные с укорочением предплечья и экзостозной болезнью (6 чел., 6 сегментов).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенные исследования показали следующее. На основе антропометрических измерений пораженного и контралатерального (интактного) предплечий в группе больных с врожденной лучевой косорукостью были сопоставлены анатомические размеры сегментов (таблица 1).

Как отражено в таблице 1, установлены достоверные различия анатомической длины и величины обхвата в средней трети предплечий. Средняя длина пораженного предплечья составила $14,0 \pm 1,18$ см ($p < 0,01$), что на 37,5% меньше параметра интактного сегмента. Величина обхвата укороченного предплечья также была меньше на 17,3%, чем на контралатеральной стороне ($p < 0,05$).

Измерение линейных характеристик подкожной клетчатки и мышц посредством эхографии в обследованной группе больных до начала оперативного лечения не выявило достоверных различий (таблица 2).

Проведение исследования показали, что функция локтевого сустава до лечения в среднем составляла 72 % от нормы, непосредственно после снятия аппарата – 54 %, в отдаленные сроки наблюдения (до 6 лет) – 84 %. Аналогичные показатели для лучезапястного сустава были 51 % до лечения, 33 % - непосредственно после снятия аппарата и 52 % - в отдаленные сроки наблюдения. Учитывая недоразвитие или отсутствие лучевой или локтевой кости, аплазию мышц и сухожилий, целесообразно было провести эхографию мягкотканых образований для выявления наличия и локализации фиброзного тяжа, его протяженности и эхогенности [2]. Поскольку мышцы и сухожилия на пораженном предплечии укорочены и, по данным разных авторов, некоторые

из них могут отсутствовать, общепринятые при эхолокации ориентиры использовать было затруднительно. У обследованных нами пациентов фиброзный тяж определялся в виде диффузного продольно вытянутого линейного образования, смещаемого при сгибании-разгибании в лучезапястном суставе. Характер эхогенности тяжа был различным – от анэхогенного и гипозэхогенного до гиперэхогенного (эхоплотность составляла 38–43 ед.). Линейные размеры (толщина и диаметр) составляли от 3–5 до 8–9 мм.

Посредством эхографии ямки локтевого отростка пораженной конечности выявлено, что ее ширина превышала аналогичный параметр интактного локтевого сустава на 15 %, достигая $22,35 \pm 1,08$ мм и $19,0 \pm 0,6$ мм соответственно. Ее глубина была также несколько выше показателя на интактном суставе ($5,2 \pm 0,47$ и $4,77$ мм). Эхогенность параартикулярных тканей не отличалась от нормы и составляла $30,7 \pm 3,47$ ус. ед. Форма ямки была уплощенной.

Показатель кистевой динамометрии (КД) пораженного предплечья у пациентов 11–18 лет конечности до лечения составил $14,52 \pm 1,76$ кг, а через 10–12 мес. после снятия аппарата – $15,88 \pm 4,12$ кг. На интактном сегменте силовые параметры достигали $25,6 \pm 44,2$ кг. Толщина мышечного слоя лучевой группы мышц на пораженной стороне в 1-й группе составила $15,44 \pm 1,31$ мм, на интактном предплечье – $14,0 \pm 2,62$ мм; во второй, с локтевой косорукостью – $13,17 \pm 2,9$ мм (у части больных 2-й группы имела место двусторонняя ВАР сегмента).

Мышечная ткань пораженного предплечья у пациентов всех групп представляла собой эхопозитивный субстрат диффузного характера, ход пучков не определялся.

Учитывая важную особенность скелетных мышц – наличие структурной неоднородности (анизотропии) – нами был разработан методический подход, предусматривающий последовательное выполнение

Таблица 1 - Анатомические параметры предплечий больных с лучевой косорукостью до оперативного лечения, $M \pm m$ # (см)

Показатели предплечий (n=9)	Анатомическая длина		Величина обхвата в средней трети	
	Пораженное	Интактное	Пораженное	Интактное
$M \pm m$	$14,0 \pm 1,18^{**}$	$22,4 \pm 2,3$	$14,8 \pm 0,59^*$	$17,9 \pm 1,21$
Станд. откл.	3,54	5,64	1,55	3,43
Коэф. вариации (%)	25,25	25,17	10,42	19,11
Достоверность отличий ^{xx}	$p < 0,01$		$p < 0,05$	

^{xx} достоверность различий по t-критерию Стьюдента. $M \pm m$, где M - среднее значение, m - стандартная ошибка.

Таблица 2 - Линейные показатели мягких тканей при эхоморфометрии предплечий в предоперационном периоде пациентов с лучевой косорукостью, $M \pm m$ # (мм)

Показатели предплечий (n=9)	Толщина подкожной клетчатки		Толщина мышечного слоя	
	Пораженное	Интактное	Пораженное	Интактное
$M \pm m$	$2,56 \pm 0,66$	$2,57 \pm 0,45$	$15,44 \pm 1,31$	$14,0 \pm 2,62$
Коэф. вариации (%)	73,13	46,76	23,95	49,49
Достоверность отличий ^{xx}	$P > 0,05$	$P > 0,05$	$P > 0,05$	$P > 0,05$

^{xx} - достоверность различий по t-критерию Стьюдента.
M – значение средней, m - стандартная ошибка.

описанных ниже приемов, после выполнения которых на основе показателей эхогенности мышц производили математические расчеты относительного параметра. Он получил название – относительная структурно-эхографическая неоднородность мышцы (ОСЭНМ) [3]. Эхография мышц удлиняемого и контралатерального сегментов включала поперечное и продольное ультразвуковое сканирование мышц, определение зоны интереса и выполнение расчетов с использованием математических выражений. Исследовали мышцу до удлинения конечности, в процессе удлинения, в периоде фиксации аппаратом и после снятия аппарата внешней фиксации. Затем определяли модальное значение гистографического распределения параметра эхоплотности мышцы и рассчитывали относительную характеристику мышцы (ОСЭНМ), используя математическое выражение:

$$ОСЭНМ = [N(long) - N(transv)] / N(long); \quad (1)$$

где $N(long)$ – модальное значение гистограммы распределения эхоплотности исследуемой мышцы при продольном ультразвуковом сканировании в ус. ед. серой шкалы;

$N(trans)$ – модальное значение гистографического распределения эхоплотности мышцы при поперечном ультразвуковом сканировании в ус. ед. серой шкалы.

При значениях $ОСЭНМ \geq 0,3$ структурные особенности соответствуют физиологически структурной неоднородности мышц, при $0,3 > ОСЭНМ \geq 0,1$ – умеренно пониженной, а при величине $ОСЭНМ < 0,1$ или отрицательных значениях – низкой или инвертированной.

Вычисленные показатели до начала удлинения сравнивали с полученным значением ОСЭНМ при distrакции, в процессе релаксации (фиксации) и в восстановительном периоде. Полученные значения при $ОСЭНМ \geq 0,3$ соответствуют физиологически нормальной структурной неоднородности мышц; при $0,3 > ОСЭНМ \geq 0,1$ – умеренно пониженной; при величине $ОСЭНМ < 0,1$ или отрицательных значениях – низкой или инвертированной структурной неоднородности мышц. Предлагаемый способ позволяет отслеживать на основе количественной оценки динамику структурной (эхографической) неоднородности скелетной мышцы в режиме online до лечения, в процессе ее удлинения, при фиксации и в восстановительном периоде.

Приводим клинический пример. Больной Л., 7,5 лет. Медицинская карта стационарного больного № 50278. Диагноз: Врожденная аномалия развития левой верхней конечности. Локтевая косорукость. Гипоплазия левой верхней конечности. Трехпалая кисть. Синдактилия II-III пальцев. В результате оперативного лечения достигнуто удлинение сегмента на 6 см, восстановлена правильная ось верхней конечности. Была проведена эхография мышц лучевой группы пораженного предплечья в исходном состоянии – до оперативного лечения, в процессе distrакции, в периоде релаксации (фиксации), в восстановительном периоде после снятия аппарата.

Получали поперечные и продольные УЗ срезы мышц, в режиме online проводили компьютерную обработку полученных сонограмм с определением моды гистограммы распределений эхоплотности выделенной курсором области мышцы (рисунок 1).

Используя математическое выражение ОСЭНМ = $[N(long) - N(transv)] / N(long)$, рассчитывали уровень структурной неоднородности мышцы до начала приложения наложения аппарата (1), в периоде distrакции (2), после ее прекращения – в периоде фиксации (3) и в восстановительном периоде после снятия аппарата (4, рисунки 2-4):

(1) ОСЭНМ m. brachioradialis = $(39-31)/39=0,21$;

(2) ОСЭНМ m. brachioradialis = $(22-20)/22=0,09$;

(3) ОСЭНМ m. brachioradialis = $(41-36)/41=0,12$;

(4) ОСЭНМ m. brachioradialis = $(29-19)/29=0,34$.

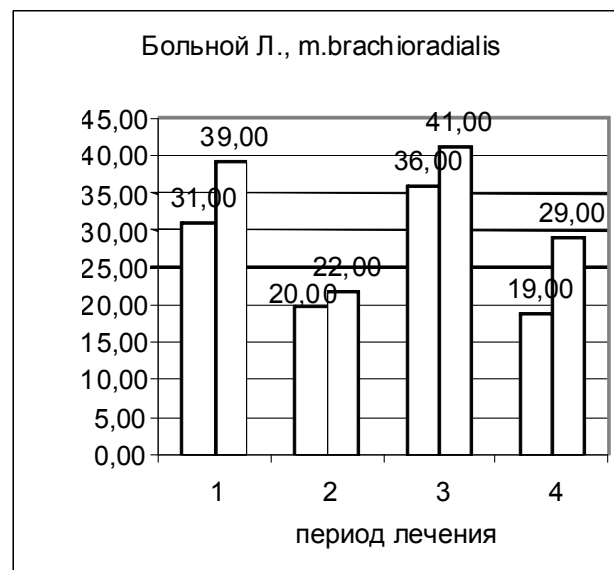


Рисунок 1 - Диаграммы гистограмм эхоплотности плечелучевой мышцы удлинённого предплечья больного Л., 7,5 лет до лечения (1), в процессе distrакции (2), фиксации (3) и после снятия аппарата (4)

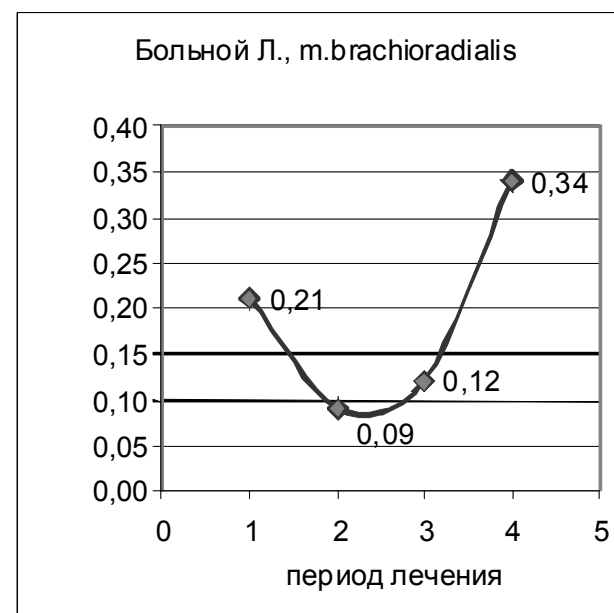


Рисунок 2 - График значений ОСЭНМ m.brachioradialis удлинённого предплечья того же больного Л. до distrакции (1), в процессе ее (2), фиксации (3) и в восстановительном периоде (4)

Как вытекает из полученных расчетных значений ОСЭНМ, до лечения плечелучевая мышца пораженного предплечья имела низкую структурную неоднородность (ОСЭНМ= 0,21). На рисунок 3 представлена сонограмма мышц сегмента в предоперационном периоде. Через 2 месяца после реконструктивно-восстановительного лечения пациента и удлинения предплечья на 6 см структурная неоднородность составила 0,34. На сонограмме лучевой группы мышц (рисунок 4) удовлетворительно определяются мышечные пучки и характер их хода. Расчетный параметр ОСЭНМ свидетельствует о физиологически нормальной структурной неоднородности.

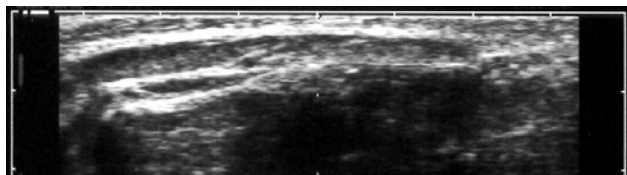


Рисунок 3 - Ультразвуковое изображение мышц лучевой группы – *m. brachioradialis* и *m. extensor carpi radialis longus* (продольное сканирование) пораженного предплечья больного Л., 7,5 лет до лечения

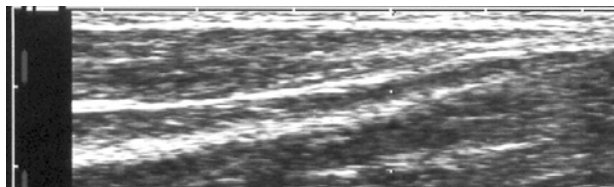


Рисунок 4 - Эхографическая картина мышц лучевой группы – *m. brachioradialis* и *m. extensor carpi radialis longus* удлиненного предплечья того же больного Л., 7,5 лет (продольное сканирование) через 2 мес. после завершения оперативного лечения

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Важным преимуществом реконструктивно-восстановительного лечения по методу Г.А. Илизарова является ранняя функциональная нагрузка на удлиняемую конечность, вследствие чего создаются благоприятные условия для репаративных процессов не только в костной ткани удлиняемого сегмента, но и в мягкотканых структурах. Установлено постепенное расширение функциональных возможностей пораженной конечности после оперативного лечения по Илизарову с целью коррекции оси и восстановления правильных межсегментарных отношений. На секционном материале исследовали изменение длины *m. flexor carpi radialis* и *ulnaris*, *extensor carpi radialis longus* and *brevis* и *extensor carpi ulnaris* с помощью кругового потенциометра в нейтральной позиции, сгибании, разгибания и лучевой и локтевой девиации кисти. Обнаружено, что длина мышц сгибателей и разгибателей кисти после укорочения лучевой кости уменьшалась, за исключением локтевого разгибателя запястья. Следовательно, результаты работы, проведенной Tang JB. et al. [1], подтверждают важность нормальной длины лучевой кости для кинетики кисти и с позиций биомеханики указывают на необходимость полной коррекции длины лучевой кости. Примененная в настоящем исследовании методика эхографии позволила разработать и впервые внедрить дополнительный критерий оценки структурно-функциональных возможностей мышц у пациентов с врожденной аномалией развития конечности [3]. Предлагаемый критерий является объективным относительным параметром, количественно оценивающим динамику структурных изменений тестируемых мышц на различных этапах удлинения сегментов. Полученные при математическом расчете значения позволяют отслеживать влияние других факторов на функцию и структуру мышц наряду с ранее описанными диагностическими подходами [4-6]. Таким образом, в арсенал методик оценки функционального состояния верхней конечности наряду с традиционно используемыми методами целесообразно включать другие критерии, более полно отражающие структурные перестройки исследуемых мышц и свидетельствующие о том или ином уровне адаптации мышц к новым биомеханическим условиям функционирования верхней конечности.

довании методика эхографии позволила разработать и впервые внедрить дополнительный критерий оценки структурно-функциональных возможностей мышц у пациентов с врожденной аномалией развития конечности [3]. Предлагаемый критерий является объективным относительным параметром, количественно оценивающим динамику структурных изменений тестируемых мышц на различных этапах удлинения сегментов. Полученные при математическом расчете значения позволяют отслеживать влияние других факторов на функцию и структуру мышц наряду с ранее описанными диагностическими подходами [4-6]. Таким образом, в арсенал методик оценки функционального состояния верхней конечности наряду с традиционно используемыми методами целесообразно включать другие критерии, более полно отражающие структурные перестройки исследуемых мышц и свидетельствующие о том или ином уровне адаптации мышц к новым биомеханическим условиям функционирования верхней конечности.

Список литературы

- 1 Tang JB, Ryu J, Kish V, Wearden S. Effect of radial shortening on muscle length and moment arms of the wrist flexors and extensors // *J. Orthop Res.* 1997 May;15(3):324-330.
- 2 Гребенюк, Л. А. К вопросу об ультразвуковой визуализации фиброзного тяжа при врожденной косорукости у детей [Текст] / Л.А. Гребенюк, С.О. Мурадисинов, Е.Б. Гребенюк // *Ультразвуковая и функциональная диагностика.* - 2006. - № 3. - С. 127.
- 3 А.с. №2354298, РФ, МПК, А61В 8/00 Способ оценки структурных особенностей скелетных мышц / Л.А. Гребенюк (RU), Е.Б. Гребенюк (RU), С.О. Мурадисинов (RU), РНЦ «ВТО». им. акад. Г.А. Илизарова (RU) - №200713305/14; Заявл. 03.09.2007; Опубл. 10.05.2009, Бюл. 13.
- 4 Faulkner JA, Larkin LM, Claflin DR, Brooks SV. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles // *Clin Exp Pharmacol Physiol.* - 2007 Nov; 34(11). - P.1091-1096.
- 5 А.с. №2258463 РФ, МКИ ⁷ А 61 В 8/00 Способ определения резервных возможностей мышц / Шевцов В.И. (RU), Дьячкова Г.В. (RU), Гребенюк Л.А. (RU) и др., ФГУН «РНЦ «ВТО» им.акад. Г.А.Илизарова Росздрава» (RU). - № 2003110847/14; Заявл. 15.04.2003; Опубл. 20.08.2005, Бюл. 23.
- 6 Algorithm muscle examination in lower extremity lengthening / G.Diachkova, V.I.Shevtsov, L.Grebenyuk et all. // 3-rd International meeting of ASAMI International:Abstract book. - Istanbul, 2004. - P.294.