

Анализ динамики механо-акустического состояния покровных тканей врожденной культы предплечья при оперативном удлинении по Илизарову

Л.А. Гребенюк, Е.Б. Гребенюк, Ф.Ф. Гофман

The analysis of the dynamics of mechanic-and-acoustic state of forearm congenital stump integumentary tissues for surgical lengthening according to Ilizarov

L.A. Grebeniuck, E.B. Grebeniuck, F.F. Hofman

Федеральное государственное учреждение

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

В условиях оперативного удлинения врожденной культы предплечья с целью подготовки к протезированию верхней конечности с помощью анализатора кожи (ASA-4) проведен анализ динамики механо-акустического состояния покровных тканей. В клинике РНЦ «ВТО» 19 пациентам в возрасте от 4 до 18 лет с помощью аппарата Илизарова выполняли остеосинтез культы предплечья и остеотомию одной или обеих костей. Прирост длины культы составлял $4,3 \pm 1,1$ см (от 3 до 6 см), а за несколько этапов (2 чел.) величина удлинения достигала 12 см. Установлено, что коэффициент неоднородности $A(z,x)$ при тестировании покровных тканей во все периоды удлинения был ниже аналогичного параметра на интактном предплечье. Его минимальные значения составляли 1,1; максимальная величина не превышала 1,3. Степень акустической неоднородности в коже передней поверхности культы имела узкий диапазон изменений. В коже торца культы при замерах в различных направлениях выявлено, что наибольший прирост этого показателя происходил в дистракционном периоде при поперечной и диагональной ориентации. На основе неинвазивной экспресс-диагностики структурно-механической адаптации кожи культы при удлинении определены подходы к прогнозированию возможного перерастяжения мягких тканей, перфорации торца культы удлиненной костью и развития трофических расстройств.

Ключевые слова: удлинение, врожденная культя предплечья, механо-акустическое тестирование, аппарат Илизарова.

The analysis of the dynamics of integumentary tissue mechanic-and-acoustic state has been made under the conditions of forearm congenital stump surgical lengthening using a skin analyzer (ASA-4) for the purpose of preparation to upper limb prosthetics. Osteosynthesis of forearm stump and osteotomy of one or both bones were performed in RISC "RTO" clinic in 19 patients at the age of 4-18 years using the Ilizarov fixator. The increase of stump length amounted to $4,3 \pm 1,1$ cm (range: from 3 to 6 cm), and the amount of lengthening reached 12 cm by several stages (2 subjects). Heterogeneity coefficient $A(z,x)$ for integument tissue testing in all the periods of lengthening was established to be below the similar parameter of intact forearm. Its minimal values amounted to 1,1; maximal value didn't exceed 1,3. A narrow range of changes was noted for acoustic heterogeneity degree in the skin of stump front surface. As for stump face skin in making measurements in different directions, it was revealed that the greatest increase of this value took place in distraction period in case of transverse and oblique diagonal orientation. On the basis of the non-invasive express-diagnostics of stump skin structural-and-mechanical adaptation for lengthening the approaches have been determined to predicting possible soft tissue overextension, stump face perforation with lengthened bone and development of trophic disorders.

Keywords: lengthening, congenital forearm stump, mechanic-and-acoustic testing, the Ilizarov fixator.

Врожденная культя предплечья – относительно редкая аномалия развития верхней конечности. Отличительной особенностью ее является выраженное укорочение сегмента при сохраненной функции локтевого сустава, хотя возможно сочетание данной патологии с врожденным анкилозом локтевого сустава. В результате социальной дизадаптации заболевание приносит глубокие страдания пациентам. Современным подходом для решения вопроса медицинской реабилитации детей с врожденной культей предплечья является оперативное удлинение культы с раннего детского возраста

Как показывает анализ литературы, в настоящее время при оперативном удлинении предплечья пациентов с врожденной аномалией развития предплечья предпочтение отдается методу чрескостного остеосинтеза с использованием аппарата Илизарова [9, 11, 16]. Метод Илизарова высокоэффективен также в целях подготовки культы предплечья к протезированию [7, 8, 14, 15, 16].

Следует отметить, что несмотря на широкое использование в лечении врожденной патологии предплечья дистракции мягких тканей, в частности с целью выведения из порочного положения кисти, объективная оценка изменения их меха-

но-биологического состояния практически не осуществляется [11, 18]. Ранее проводились исследования пороговых значений болевой, температурной чувствительности и нейрососудистой реактивности кожи культей [4], осуществлялось акустическое тестирование кожи при подготовке ее к аутодермопластике при лечении синдактилии [6]. Методологические аспекты исследования механо-акустического состояния покровных тканей в условиях их дефицита и экстремальных воздействий (дистракция) требуют дальнейшего своего развития, поскольку

лечение таких пациентов, как правило, многоэтапное, связано с отставанием пораженной конечности в росте и развитии и проводится с раннего детского возраста [12]. В литературе имеются скудные сведения о результатах мониторинга степени растяжения мягких тканей при удлинении культей сегментов конечностей.

Целью работы явился анализ динамики механо-акустического состояния покровных тканей врожденной культы предплечья в условиях оперативного удлинения с целью подготовки к протезированию верхней конечности.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ

В клинике РНЦ ВТО 19 пациентам в возрасте от 4 до 18 лет с помощью аппарата Илизарова выполняли остеосинтез культы предплечья и остеотомию одной или обеих костей. Прирост длины культы составлял $4,3 \pm 1,1$ см (от 3 до 6 см), а за несколько этапов (2 чел.) величина удлинения достигала 12 см. Применение механо-акустического тестирования с помощью анализатора кожи – ASA-4 (Россия и Югославия) позволяло оценивать степень деформирования покровных тканей на небольших участках куль-

ты – ее передней поверхности и торце с помощью разработанной нами методики [5]. Диапазон скоростей звуковой волны составлял 15-300 м/с, частот – 10^3 -10 Гц, усилие прижатия датчика к коже не превышало 1,5-2,5 Н. Замеры проводили в предоперационном и дистракционном периодах, при фиксации конечности аппаратом и после его снятия. Датчик располагали в четырех стандартных направлениях – поперечно, продольно по отношению к анатомической оси конечности и под углом 45 и 135 град.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что скорость звука в коже врожденной культы предплечья в процессе оперативного удлинения изменяется в широком диапазоне. До операции скорость звука в коже культы в различных направлениях составляла от 37-67 м/с. В процессе удлинения скорость в соседних областях смежного с удлиняемой культей плечом возрастала до 68-171 м/с, причем этот параметр, также как в исходном состоянии, отличался большой вариабельностью. Поскольку мягким биологическим тканям присуща анизотропия (оптическая, структурная, биомеханическая), особый интерес представляло соотнести получаемые показатели с другими параметрами, полученными при различной ориентации относительно сагитальной плоскости, в частности, во взаимно перпендикулярных направлениях [5]. Такой подход оценки относительных показателей дает всестороннюю картину деформирования покровных тканей. Поэтому для изучения акустической неоднородности, как важного свойства, присущего всем биологическим тканям, оценивали относительные параметры механо-акустического состояния покровных тканей на основе скалярных величин скорости звука. Для этого рассчитывали коэффициенты неоднородности. Так, коэффициент неоднородности $A(z,x)$ определяли как отношение показателя скорости в продольном направлении к параметру в поперечной ориентации, другой коэффициент и B (диаг.) – как отношение скорости звука при диагональной ориентации 45 град., к

значению скорости в направлении 135 градусов, декартовой системы координат. Установлено, что $A(z,x)$ при тестировании покровных тканей по передней поверхности культы во все периоды удлинения был ниже аналогичного параметра на интактном предплечье (рис. 1). Его минимальные значения составляли 1,1; максимальная величина не превышала 1,3; т.е. степень акустической неоднородности в коже передней поверхности культы имела узкий диапазон изменений. Соответствующий показатель на интактном предплечье на 16,7-23,1 % был выше и достигал 1,29-1,6.



Рис. 1. Динамика коэффициента акустической неоднородности

Анализируя особенности акустической неоднородности в продольнопоперечном направлении,

отметим, что несмотря на увеличение продольных размеров культи существенных изменений в обследованной группе обнаружено не было. Выявлено лишь ее недостоверное возрастание после завершения лечения. Факторами, влияющими на динамику механо-акустических свойств кожи удлиняемой культи являются: врожденная анатомическая аномалия дистальных отделов конечности (нарушение их роста и развития), воздействие дозированной тракции, развитие гипергидратации. Ранее было описано, что у больных с закрытыми переломами костей голени и отсутствием неравенства длины сегментов, несмотря на выраженный прирост скорости звука в коже, в покровных тканях наблюдалась акустическая изотропия [3]. Это доказывает влияние гипергидратации в указанных условиях на биомеханическое состояние кожного покрова.

Коэффициент акустической неоднородности В (диаг.), отражающий деформирование кожи в диагональных направлениях в коже культи обследованных пациентов не превысил 1,0 (рис. 2). Следовательно, несмотря на прилагаемые дистракционные усилия и увеличение анатомической длины врожденной культи предплечья, в диагональном направлении в покровных тканях удлиняемой культи механо-акустическое состояние характеризуется как изотропное.

Коэф. неоднор. В(косодиагон.) вр. культи

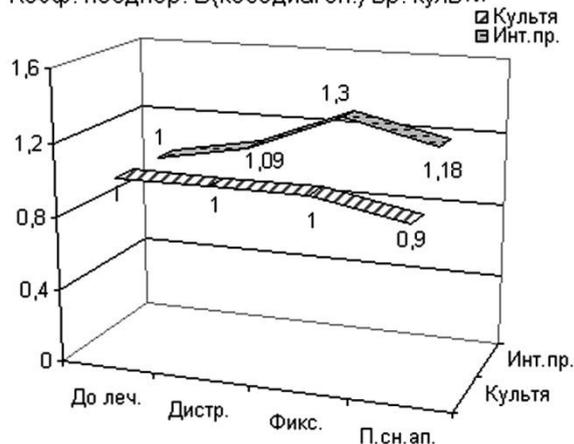


Рис. 2. Степень неоднородности в покровных тканях передней поверхности культи предплечья в процессе удлинения (n=10). Нижний график (косая штриховка) – культя, верхний (серая заливка) – интактное предплечье

В качестве примера результатов тестирования покровных тканей культи приведена диаграмма динамики скорости звука пациента П., 15 лет, в различные периоды удлинения врожденной культи в продольном и поперечном направлениях (рис. 3). Как вытекает из представленного графика, превышение показателя скорости звука в продольном направлении относительно значений при поперечной ориентации датчика в дистракционном периоде составляло 22,4 %, в периоде фиксации – 32,8 %, а в ближайший срок после завершения лечения – 18,1 %.

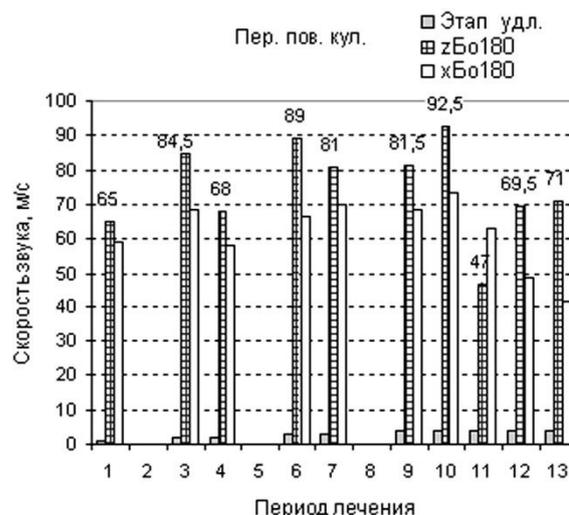


Рис. 3. Динамика скорости звука в коже передней поверхности культи больного П., 15 лет, до операции (1), в процессе дистракции (3, 4), фиксации (6, 7) и после снятия аппарата. Столбцы с горизонтальной штриховкой - скорость при продольной ориентации, белые столбцы – в поперечном направлении

Оперативное удлинение врожденной культи предплечья имеет важное значение для решения вопроса о последующем протезировании [16]. Достичь оптимальной анатомической длины костей культи для протезирования недостаточно, поскольку другим лимитирующим фактором в лечении является состояние ее мягких тканей [15, 16]. При врожденной культи предплечья не исключается риск истончения растянутой кожи, необратимое снижение ее упруго-эластических свойств и, как следствие, перфорация торца удлиненной костью мягких тканей. В этом случае континуум лечения и последующий реабилитационный период требуют, помимо учета субъективных ощущений пациента (наличие боли) и визуальной оценки состояния покровных тканей культи и ее торца, количественного анализа степени растяжения кожи сегмента.

На рисунке 4 представлены диаграммы показателей скорости звука в коже торца врожденной культи при различных ориентациях датчика пациента П., 15 лет. Дистракция (34 дн.) и ее завершение характеризуются близкими по форме акустическими полями, а в процессе релаксации тканей (при фиксации и после снятия аппарата) наблюдалось изменение конфигурации полей из округлой (ближайший срок после снятия аппарата) в эллиптическую (в отдаленном периоде).

Обращает на себя внимание сохранение реакции кожного покрова торца культи при максимальном сгибании в локтевом суставе, как это показано на рис. 4 (диаграмма б). Форма акустического поля трансформировалась в многоугольник, ориентированный в диагональном направлении, показатель скорости звука в этом направлении снизился в 1,5 раза. Это отражает изменение плотности ткани при различном угле сгибания в смеж-

ном суставе. После снятия аппарата больной П. успешно пользовался протезом и результатом лечения был доволен. В анализируемой группе лечившихся пациентов с врожденной культей предплечья осложнений в механо-биологическом состоянии покровных тканей не наблюдалось.

По данным различных авторов, достигнутое относительное удлинение культи может составлять от 40-60 % [16, 10]. А при наличии короткой культи и ее повторном удлинении проблема реадaptации покровных тканей, сохранение их трофики и структурно-механических свойств, своевременная диагностика перерастяжения

тканей остается актуальной. Ранее отмечалась взаимосвязь степени прироста скорости звука в коже с величиной удлинения [2, 3, 12].

Представляло интерес проследить динамику механо-биологического состояния кожи торца культи у пациентов раннего детского возраста, поскольку конечности еще не достигли своих дефинитивных размеров. Динамика скорости звука в коже торца культи другой пациентки А., 3 л. представлена таблице 1, а формы огибающих кривых, построенных на концах векторов скоростей – на рисунке 5.

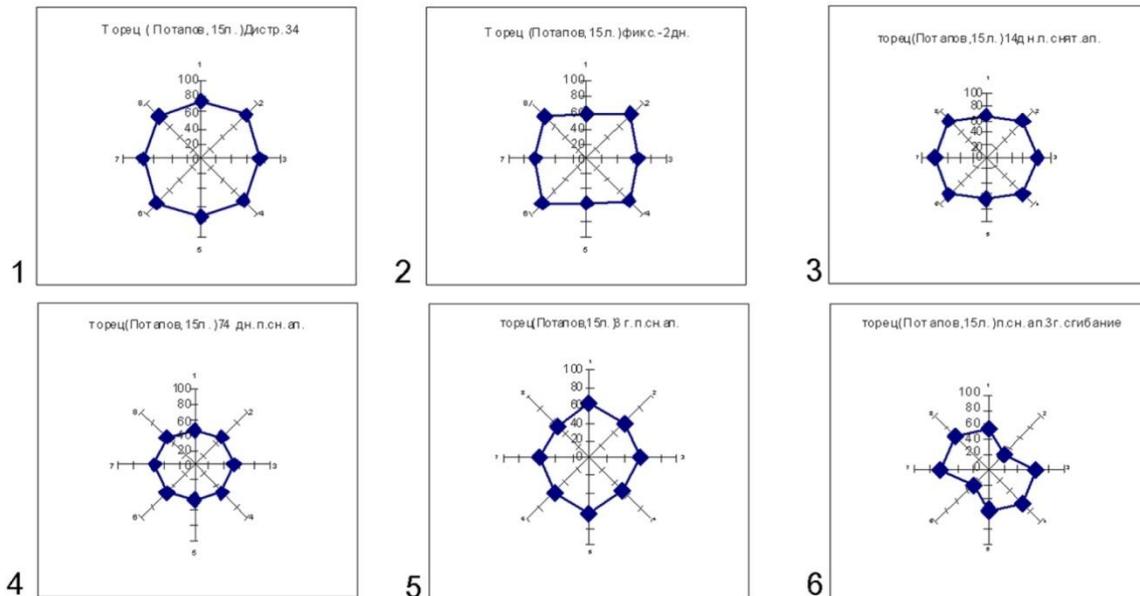


Рис. 4. Диаграммы скоростей звука в коже торца врожденной культи пациента П., 15 лет в различные периоды удлинения: 1 – 34 дн. distraction; 2 – 2 дня фиксации; 3 – 14дн. после снятия аппарата; 4, 5 – 74 дня и 2,5 г. после снятия аппарата соответственно; 6 – при разогнутом и согнутом локтевом суставе соответственно

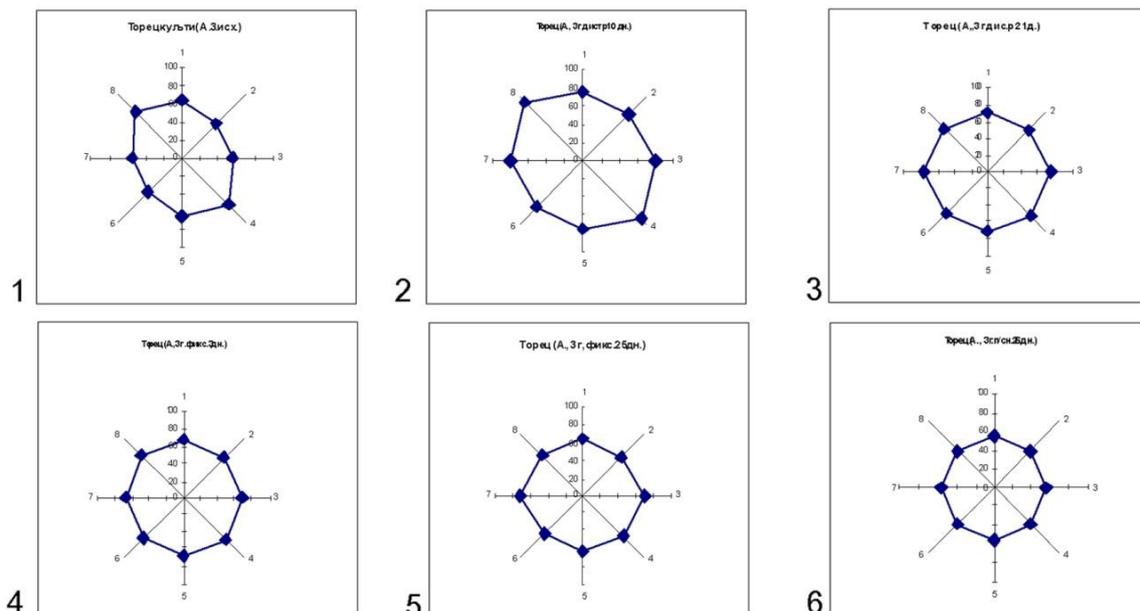


Рис. 5. Динамика акустических свойств в коже торца культи пациентки А., 3 лет. Диагноз: врожденная культя правого предплечья. Достигнуто удлинение 4 см (50 % от исходной): 1 – до лечения; 2 – 10 дн. distraction; 3 – 21 д. distraction; 4 – 3 дн. фиксации; 5 – 25 дн. фиксации; 6 – 26 дн. после снятия аппарата

Помимо оценки формы огибающих кривых проанализирована динамика прироста показателя скорости распространения звуковой волны в коже торца культы в различных направлениях относительно анатомической оси конечности. Установлено, что наибольший прирост этого показателя происходил в дистракционном периоде при поперечной и диагональной ориентации 45 град. Величина прироста скорости звука в поперечном направлении достигал 43, 6 % (10 дн.) и 37,3 % (21 дн. дистракции) (табл. 1). Следовательно, несмотря на слабо выраженную акустическую неоднородность в коже торца культы предплечья в процессе лечения наблюдается переход покровных тканей в напряженно-деформированное состояние, о чем свидетельствует величина прироста скорости звука.

Ранее при лечении пациентов с посттравматическими культями предпринимались попытки использовать методику определения пороговых значений болевой и температурной чувствительности с помощью алгезиметрического прибора [4]. Оценивалась также нейрососудистая

реактивность кожи культей посредством электрофореза симпатикотропных и парасимпатикотропных препаратов [4]. Однако, как правило, указанные процедуры проводились в течение достаточно длительного времени (30 мин.) и требовали специальных условий проведения, что неприемлемо при обследовании пациентов раннего и среднего детского возраста.

В нашем исследовании на основе экспресс-анализа механо-акустического состояния кожи культей в различные периоды лечения выявлены особенности неоднородности покровных тканей удлиняемой культы предплечья, прослежена динамика скорости звука в коже ее торца. Полученные результаты механо-акустического состояния кожи торца культы и передней поверхности культы предплечья позволяют в режиме on line прогнозировать сроки структурно-механической адаптации кожи культы, вовремя предупреждать возможные осложнения в виде перфорации торца культы удлинённой костью и развития трофических расстройств.

Таблица 1

Скорость звука в коже торца врожденной культы предплечья пациентки А., 3 года, в процессе ее оперативного удлинения

Период	Срок (дн.)	zBo	Прирост от исх. (Z) %	xBo	Прирост от исх. (X) %	A (z/x)	Диаг. 45°	Прирост при 45°	Диаг. 135°	Прирост при 135°	В (диаг.)
До лечения		64,5		55		1,17	53		72		0,73
Дистракция	10	75	16,28	79	43,6	0,95	74	39,6	91,5	27,8	0,81
	21	69	6,98	75,5	37,3	0,91	69,5	31,1	72	0	0,97
Фиксация	3	67	3,88	68,5	24,5	0,98	66	24,5	67	- 6,9	0,99
	25	64	- 0,8	70	27,3	0,91	60,5	14,2	63	- 12,5	0,96
После лечения	26	56	- 13,2	55	0	1,02	54	1,9	55	- 23,6	0,98

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребенюк, Л. А. Оперативное удлинение врожденных культей предплечья и объективный контроль реакции покровных тканей с помощью велосимметрии / Л. А. Гребенюк, Э. А. Гореванов, Е. Б. Гребенюк // Высокие технологии в травматологии и ортопедии : организация, диагностика, лечение, реабилитация, образование : материалы 1-го съезда травматологов-ортопедов Ур.ФО. – Екатеринбург, 2005. - С. 193.
2. Лечение синдактилии кисти у детей по Илизарову : клиника, биомеханика, морфология / М. Г. Знаменская, Н. К. Чикорина, Л. А. Гребенюк, Г. Р. Исмаилов // Гений ортопедии. – 1999. - № 4. – С. 48-52.
3. Акустические корреляты дозированного растяжения кожного покрова при билокальном удлинении бедра у больных с врожденно-укороченной нижней конечностью / А. В. Попков, Л. А. Гребенюк, С. А. Аборин, С. А. Мурадисинов // Гений ортопедии. - 2002. - № 4. - С. 50-53.
4. Повышение функциональных свойств мышц культы предплечья до и после операции расщепления / В. В. Петелина [и др.] // Протезирование и протезостроение : сб. тр. ЦНИИПП. – М., 1977. – Вып. 43. – С. 27-33.
5. Утенькин, А. А. Методика исследования акустической анизотропии кожи человека / А. А. Утенькин, Л. А. Гребенюк // Физиология человека. – 1994. – Т. 20, №5. – С. 137-141.
6. Оперативное лечение больных с патологией первого пальца кисти и мониторинг биомеханического состояния покровных тканей / В. И. Шевцов, Г. Р. Исмаилов, Л. А. Гребенюк, Д. А. Шабалин // YII съезд травматологов-ортопедов России : тез докл. - Новосибирск, 2002. – Т. 2. – С. 318.
7. Шведовченко, И. В. Рентгеноанатомические особенности врожденных культей предплечий у детей / И. В. Шведовченко, А. А. Корюков // Актуальные проблемы детской травматологии и ортопедии : материалы науч.-практ. конф. дет. травматологов-ортопедов России с междунар. участием. - Екатеринбург ; СПб., 2007. - С. 293-294.
8. Lengthening of congenital below-elbow amputation stumps by the Ilizarov technique / C. Alekberov [et al.] // J. Bone Jt. Surg. – 2000. - Vol. 82-B, No 2. – P. 239-241.
9. Bagatur, A. E. Correction of deformities and length discrepancies of the forearm in children by distraction osteogenesis / A. E. Bagatur, A. Doğan, G. Zorer // Acta Orthop. Traumatol. Turc. – 2002. – Vol. 36, No 2. – P. 111-116.
10. Bernstein, R. M. The lengthening of short upper extremity amputation stumps / R. M. Bernstein, H. G. Watts, Y. Setoguchi // J. Pediatr. Orthop. - 2008. – Vol. 28, No 1. – P. 86-90.
11. Soft-tissue distraction with a ring external fixator before centralization for radial longitudinal deficiency / C. A. Goldfarb [et al.] // J. Hand Surg. – 2006. – Vol. 31-A, No 6. – P. 952-959.
12. Grebenyuk, L. A. Influence of dosed traction on mechanical-acoustic properties of skin of human extremities // Human Physiology. –

2004. – Vol. 30, No. 3. – P. 353-357.
13. Lengthening of congenital forearm stumps / B. Jasiewicz [et al.] // J. Pediatr. Orthop. - 2006. – Vol. 15, No 3. – P. 198-201.
 14. Kour, A. K. Combined free flap, Ilizarov lengthening and prosthetic fitting in the reconstruction of a proximal forearm amputation - a case report / A. K. Kour, J. S. Seo, R. W. Pho // Ann. Acad. Med. Singapore. – 1995. - Vol. 24, Suppl. 4. – P. 135-137.
 15. Mertens, P. Short amputation stump lengthening with the Ilizarov method : risks versus benefits / P Mertens, J. Lammens // Acta Orthop. Belg. – 2001. – Vol. 67, No 3. – P. 274-278.
 16. Lengthening of short stumps for functional use of prostheses / H. Orhun [et al.] // Prosthet. Orthot. Int. – 2003. - Vol. 27, No 2. – P. 153-157.
 17. Stricker, S. J. Ilizarov lengthening of a posttraumatic below elbow amputation stump. A case report / S. J. Stricker // Clin. Orthop. Relat. Res. – 1994. – No 306. – P. 124-127.
 18. Sabharwal, S. Pre-centralization soft tissue distraction for Bayne type IV congenital radial deficiency in children / S. Sabharwal, A. L. Finuoli, F. Ghobadi // J. Pediatr. Orthop. – 2005. – Vol. 25, No 3. – P. 377-381.
 19. Taghinia, A. H. Preoperative soft-tissue distraction for radial longitudinal deficiency: an analysis of indications and outcomes / A. H. Taghinia, A. A. Al -Sheikh, J. Upton // Plast. Reconstr. Surg. - 2007. - Vol. 120, No 5. – P. 1305-1312.

Рукопись поступила 15.09.08.

Сведения об авторах:

1. Гребенюк Людмила Александровна – старший научный сотрудник научного клинико-экспериментального отдела физиологии ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова», к.б.н.
2. Гребенюк Евгений Борисович – врач травматолог-ортопед ортопедического отделения № 3 ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова».
3. Гофман Федор Федорович – врач травматолог-ортопед ортопедического отделения № 3 ФГУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова».

Предлагаем вашему вниманию



В.И. Шевцов, А.П. Шеин, А.А. Скрипников, Г.А. Криворучко **РЕАКТИВНОСТЬ И ПЛАСТИЧНОСТЬ** **КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА** **В УСЛОВИЯХ ВАЗОАКТИВНОЙ** **КРАНИООСТЕОПЛАСТИКИ**

Курган : ДАММИ, 2006. – 124 с.: ил. 22.

В монографии проанализированы основные тенденции в изменении качественных, количественных электроэнцефалографических и электронейромиографических характеристик функционального состояния больных с последствиями инсульта и тяжелой черепно-мозговой травмы в процессе лечения по методике вазоактивной краниоостеопластики, разработанной в Российском научном центре «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова. Изучены специфические особенности реакции центральной нервной системы на вазоактивную краниоостеопластику у пациентов в зависимости от возраста, этиологии и тяжести исходного поражения пирамидных структур головного мозга, а также сформулированы представления о стадийности и механизмах реактивных перестроек в коре головного мозга под влиянием вазоактивной краниоостеопластики у больных указанных нозологических групп. Кроме того, авторами представлен новый способ оценки выраженности центрального гемипареза по данным электронейромиографии – методика расчета цереброспинального индекса, а также на основе применения данного критерия – технология картирования моторных зон коры больших полушарий головного мозга.

Книга предназначена для нейрофизиологов, нейрохирургов, реабилитологов.