

© Группа авторов, 2009

УДК 616.71-001.5-089.84:004.9

## **Сравнительный анализ репозиционных возможностей чрескостных аппаратов, работающих на основе компьютерной навигации и аппарата Илизарова**

Л.Н. Соломин\*, В.А. Виленский\*, А.И. Утехин\*\*, В. Террел\*\*\*

### ***The comparative analysis of the reposition potentials of transosseous devices operating on the basis of computer navigation and the Ilizarov fixator***

L. Solomin\*, V. Vilensky\*, A. Utekhin\*\*, V. Terrel\*\*\*

\*ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена Росздрава», г. Санкт-Петербург, Россия (директор – д.м.н. проф. Р.М. Тихилов);

\*\*ООО «Орто-СУВ», г. Санкт-Петербург, Россия;

\*\*\*Pinnacle Orthopaedics &amp; Sport Medicine Specialists, Marietta, Georgia, USA

Сравнили репозиционные возможности аппаратов работающих на основе пассивной компьютерной навигации – гексаподов (SUV-Frame, Taylor Spatial Frame, Ilizarov Hexapod Apparatus,) и аппарата Илизарова. Проанализированы возможности репозиции костных фрагментов в данных аппаратах в трех стандартных плоскостях и в шести степенях свободы. Выполнено 48 серий экспериментов. Выявлено, что среди аппаратов со свойствами пассивной компьютерной навигации наилучшие возможности по дистракции, плоскопараллельному, угловому перемещению костных фрагментов и ротации обеспечивает конструкция SUV-Frame. Совокупно аппарат Илизарова обеспечивает лучшие показатели перемещения костных фрагментов в сравнении с гексаподами, однако для коррекции каждого компонента деформации необходим монтаж специального унифицированного узла.

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, компьютерная навигация, гексаподы, репозиция.

The aim of the study was to compare the reduction potentials of devices, which operate on the basis of passive computer navigation – hexapods (SUV-Frame, Taylor Spatial Frame, Ilizarov Hexapod Apparatus), and the Ilizarov fixator. The potentials of bone fragment reposition have been analyzed in the devices mentioned for three standard planes and for six degrees of freedom. 48 series of experiment have been performed. It has been revealed that among the devices with passive computer navigation characteristics SUV-Frame construction affords the best potentials as regards distraction, translation, angulation of bone fragments and rotation. In the aggregate, the Ilizarov fixator provides the best qualities of bone fragment movement in comparison with hexapods, however, mounting a special unified unit is necessary to correct every component of deformity.

Keywords: transosseous osteosynthesis, computer navigation, hexapods, reposition.

#### ВВЕДЕНИЕ

За время, прошедшее с момента изобретения в 1952 году, аппарат Илизарова получил мировое признание и стал традиционным в лечении переломов и деформаций длинных трубчатых костей [2, 4, 6, 7]. Благодаря универсальности узлов и деталей, в данном аппарате возможно устранить любой вариант смещения костных фрагментов [4, 6, 7]. Однако

для устранения каждого из компонентов деформации (ангуляция, ротация, смещение фрагментов по длине и по периферии) в аппарате Илизарова требуется замена унифицированных узлов [4]. При коррекции сложных многоплоскостных многокомпонентных деформаций необходимо выполнить от трех и более перемонтажей аппарата, что требует дополнительных времени и трудозатрат [5].

С середины 90-х годов в мировой ортопедии появились новые аппараты для чрескостного остеосинтеза, которые обозначаются единым термином: аппараты со свойствами пассивной компьютерной навигации или гексаподы [9, 10]. Это аппарат Taylor Spatial Frame (TSF) производства США [8, 9, 11], Ilizarov Hexapod Apparatus (ИНА) производства Герма-

Л.Н. Соломин – ведущий научный сотрудник ФГУ «РНИИТО им. Вредена Росздрава», д.м.н. e-mail: solomin-leonid@mail.ru;

В.А. Виленский – врач-травматолог, научный сотрудник ФГУ «РНИИТО им. Вредена Росздрава», e-mail: vavilensky@mail.ru;

А.И. Утехин – инженер-конструктор, ООО «Орто-СУВ», г. Санкт-Петербург, e-mail: utechin@mail.ru;

В. Террел – MD PhD, Pinnacle Orthopaedics & Sport Medicine Specialists, Marietta, Georgia, USA, e-mail: wdterrel@comcast.net.

нии [10] и SUV-Frame, разработанный в России [12]. В данных аппаратах два чрескостных модуля, фиксирующих проксимальный и дистальный костный фрагменты, соединены между собой шестью стратами (аналоги соединительных стержней в аппарате Илизарова) (рис. 1). Изменение длин страт приводит к взаимному перемещению опор в трех плоскостях и соответственно закрепленных в них костных фрагментов. Поэтому устройство гексапода позволяет одноэтапно устранить многокомпонентную многоплоскостную деформацию. Ра-

бота гексаподов невозможна без прилагающихся к ним программ компьютерной навигации. Благодаря программе, коррекция деформации, устранение смещения костных фрагментов (при переломах) в гексапode являются математически точными и не требуют многократных перемонтажей аппарата [8, 9, 10, 11].

Вместе с тем, до настоящего времени не сравнены репозиционные возможности аппарата Илизарова и гексаподов. Целью настоящего исследования было установить, у какого из исследуемых аппаратов репозиционные возможности лучше.

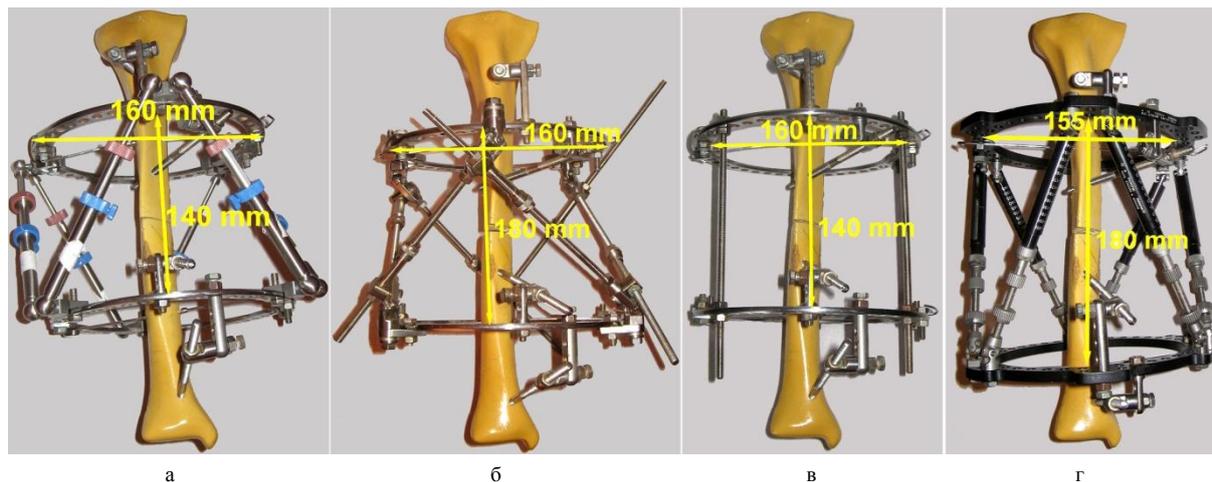


Рис. 1. Модели аппаратов: а – ИНА; б – SUV-Frame; в – аппарат Илизарова; г – TSF

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данном эксперименте сравнивались аппараты (рис. 1) с одинаковым расположением чрескостных элементов. Согласно методу унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза (МУОЧО) [3] компоновку каждого из исследуемых аппаратов (аппарат Илизарова, SUV-Frame и ИНА) можно обозначить следующей схемой:

$$\frac{\text{II},12,110;\text{III},9-3;\text{IV},2,70}{160} \text{---} \text{O---} \frac{\text{V},12,110;\text{VI},3-9;\text{VII},2,70}{160}$$

Так как в комплекте TSF отсутствуют опоры диаметром 160 мм, для сборки моделей использовались опоры диаметром 155 мм (рис. 1, г):

$$\frac{\text{II},12,110;\text{III},9-3;\text{IV},2,70}{155} \text{---} \text{O---} \frac{\text{V},12,110;\text{VI},3-9;\text{VII},2,70}{155}$$

Исходное расстояние между опорами у моделей остеосинтеза ИНА (140 мм) обусловлено средней длиной каждой из страт. В стандартном наборе аппарата TSF имеется 3 типоразмера страт. Базовые модели собирали, используя среднюю длину среднего типоразмера страт, что обусловило расстояние между опорами 180 мм.

Кроме репозиционных возможностей, обеспечиваемых использованием среднего типоразмера страт, у TSF определяли возможности репозиции при использовании всех типоразмеров страт. В аппарате Илизарова исходное расстояние между опорами равнялось 140 мм, а в аппа-

рате SUV-Frame – 180 мм.

Собирали по три каждой из исследуемых моделей. В качестве костных фрагментов использовали пластиковые макеты большеберцовой кости. При центровке аппаратов имитаторы кости располагали в центре опор.

Исследовались возможности аппаратов TSF, ИНА, SUV-Frame и аппарата Илизарова в следующих номинациях:

- 1) максимальное перемещение костных фрагментов по оси (дистракция) (рис. 2);
- 2) максимальное плоскопараллельное перемещение костных фрагментов по ширине во фронтальной плоскости (смещение кнутри/кнаружи) (рис. 3) и в сагиттальной плоскости (смещение кпереди/кзади);
- 3) максимальное угловое перемещение костных фрагментов во фронтальной плоскости (варус/вальгус) (рис. 4) и в сагиттальной плоскости (антекурвация/рекурвация);
- 4) максимальное ротационное перемещение костных фрагментов (внутренняя/наружная ротация) (рис. 5).

Измерения в каждом случае проводили троекратно для получения статистически достоверных результатов. Всего проанализировано 48 серий экспериментов.

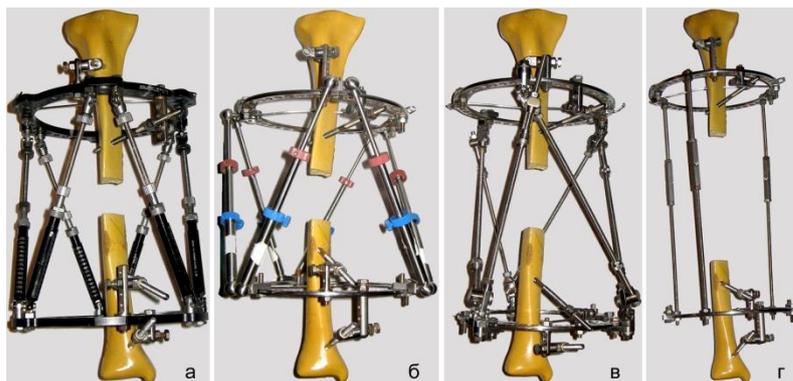


Рис. 2. Перемещения костных фрагментов по длине: а – аппаратом TSF (при среднем типоразмере страт); б – аппаратом ИНА; в – аппаратом SUV-Frame; г – аппаратом Илизарова

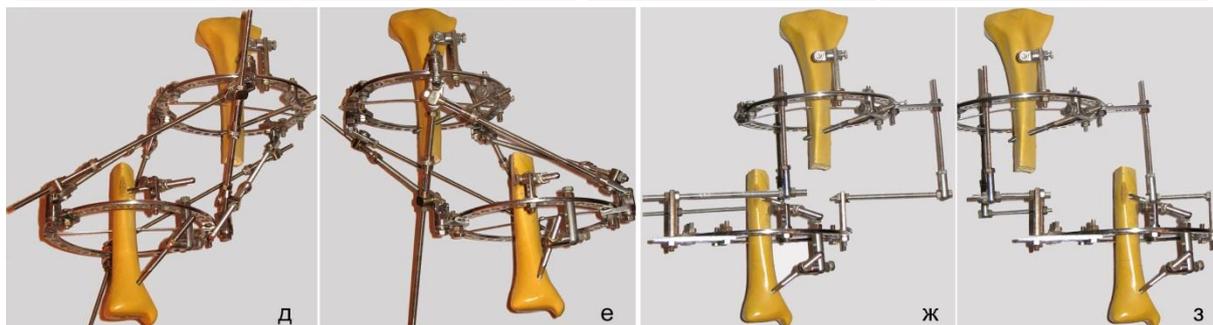
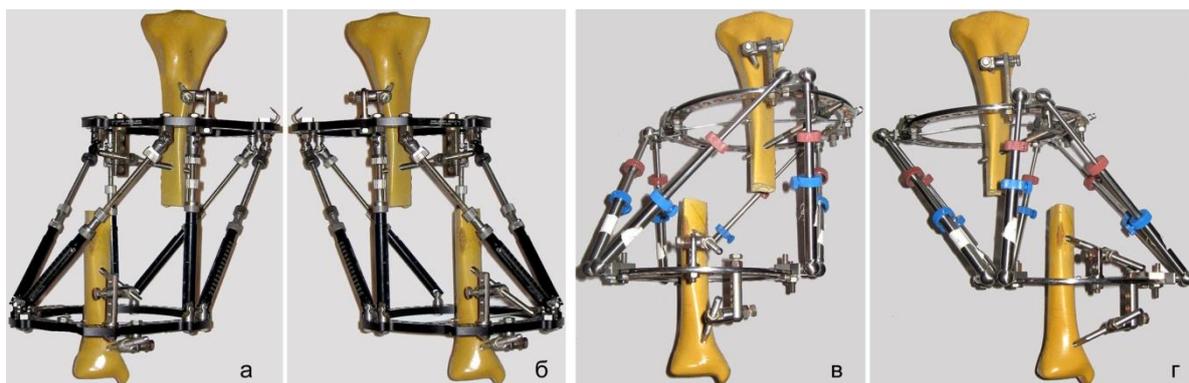


Рис. 3. Перемещения костных фрагментов по ширине во фронтальной плоскости: а, б – аппаратом TSF; в, г – аппаратом ИНА; д, е – аппаратом SUV-Frame; ж, з – аппаратом Илизарова



Рис. 4. Угловые перемещения костных фрагментов во фронтальной плоскости: а – аппаратом TSF (средние длины страт); б – аппаратом TSF (весь диапазон длин страт); в – аппаратом ИНА; г – аппаратом SUV-Frame; д – аппаратом Илизарова

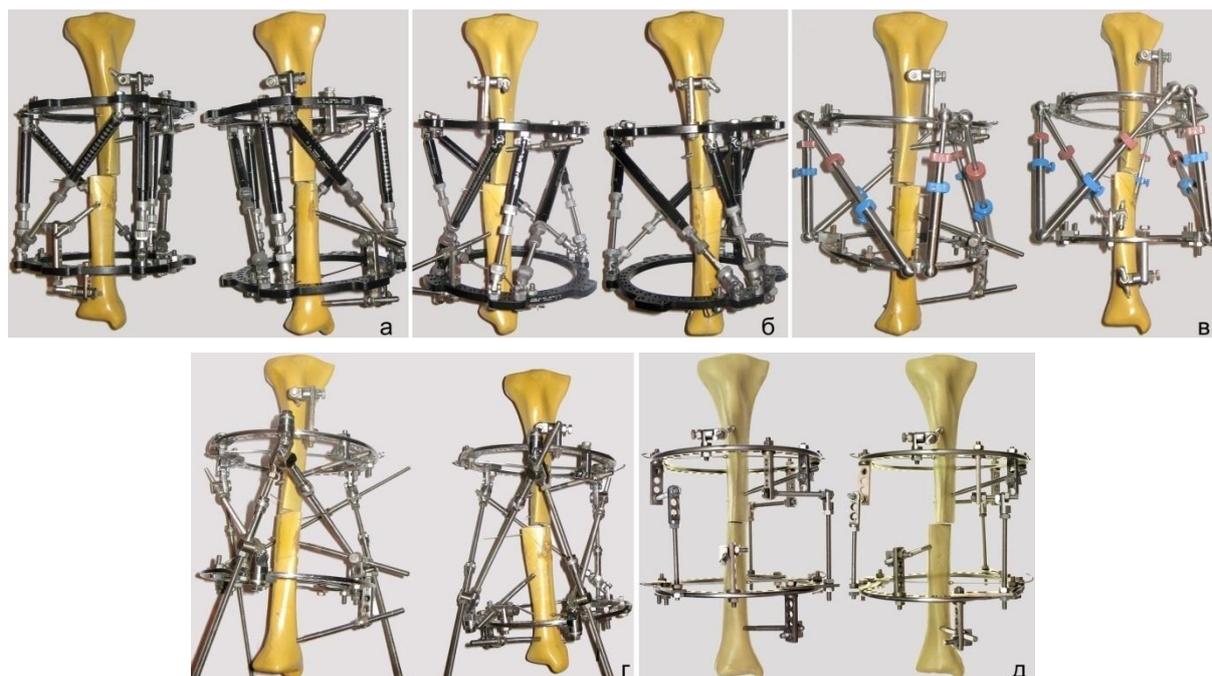


Рис. 5. Ротационные перемещения костных фрагментов: а – аппаратом TSF (средние длины страт); б – аппаратом TSF (весь диапазон длин страт); в – аппаратом ИНА; г – аппаратом SUV-Frame; д – аппаратом Илизарова

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании аппаратов были получены следующие результаты.

##### Перемещение костных фрагментов по оси.

В аппарате **TSF** при использовании только средних страт максимальное перемещение костных фрагментов относительно друг друга составляет 40 мм. При использовании всего диапазона длин страт – 170 мм.

В аппарате **ИНА** максимальное перемещение костных фрагментов по длине составляет 70 мм.

В аппарате **SUV-Frame** и **аппарате Илизарова** можно использовать резьбовые стержни любой длины. Поэтому возможности дистракции в этих аппаратах теоретически не ограничены.

##### Перемещения костных фрагментов по ширине.

В аппарате **TSF** при использовании только средних страт максимальное перемещение костных фрагментов относительно друг друга по ширине составляет: кнутри – 75 мм, кнаружи – 70 мм, кпереди – 70 мм, кзади – 75 мм. При использовании всего диапазона длин страт: кнутри – 200 мм, кнаружи – 190 мм, кпереди – 190 мм, кзади – 200 мм.

В аппарате **ИНА** максимальное перемещение костных фрагментов по ширине составляет: кнутри – 70 мм, кнаружи – 75 мм, кпереди – 72 мм, кзади – 76 мм.

В аппарате **SUV-Frame** и **аппарате Илизарова** можно использовать резьбовые стержни любой длины. Поэтому плоскопараллельное перемещение фрагментов относительно друг друга в этих конструкциях теоретически не ограничено.

##### Угловые перемещения костных фрагментов.

В аппарате **TSF** при использовании только средних страт максимальное угловое перемещение костных фрагментов относительно друг друга составляет: варусное – 24°, вальгусное – 25°, антекурвация – 35°, рекурвация – 31°. При использовании всего диапазона длин страт: варусное – 40°, вальгусное – 42°, антекурвация – 37°, рекурвация – 37°.

В аппарате **ИНА** максимальное угловое перемещение костных фрагментов составляет: варусное – 32°, вальгусное – 38°, антекурвация – 40°, рекурвация – 30°.

В аппарате **SUV-Frame** максимальное угловое перемещение костных фрагментов составляет: варусное – 50°, вальгусное – 48°, антекурвация – 42°, рекурвация – 43°.

В **аппарате Илизарова** максимальное угловое перемещение костных фрагментов составляет: варусное – 65°, вальгусное – 65°, антекурвация – 72°, рекурвация – 68°.

##### Ротационные перемещения костных фрагментов.

В аппарате **TSF** при использовании только средних страт максимальное ротационное перемещение костных фрагментов относительно друг друга составляет: кнаружи – 20°, кнутри – 20°. При использовании всего диапазона длин страт: кнаружи – 75°, кнутри – 69°.

В аппарате **ИНА** максимальное ротационное перемещение костных фрагментов составляет: кнаружи – 42°, кнутри – 38°.

В аппарате **SUV-Frame** максимальное рота-

ционное перемещение костных фрагментов составляет: кнаружи – 77°, кнутри – 75°.

В аппарате Илизарова максимальное ротационное перемещение костных фрагментов без переустановки унифицированного ротирующего узла составляет 28°. При многократной переустановке ротирующего узла возможности устранения ротационной деформации аппаратом Илизарова становятся, теоретически, неограниченными. В частности, для поворота костного фрагмента на 90° требуется 3 переустановки узла; для поворота 180° – 6 переустановок; для поворота 270° – 10 переустановок.

Так как по условиям эксперимента имитаторы кости располагали в центре опор, это позволило при ротации избежать вторичного смещения фрагментов по ширине [3].

Полученные в ходе эксперимента результаты обобщены в таблице 1 и диаграмме (рис. 6).

Анализ таблицы и диаграмм позволяет утверждать следующее. Лучшие результаты при смещении костных фрагментов по длине и по периферии обеспечивают SUV-Frame и аппарат Илизарова. Максимальная угловая коррекция может быть обеспечена аппаратом Илизарова. Среди аппаратов со свойствами пассивной компьютерной навигации лучшие результаты при коррекции углового компонента деформации получены при тестировании SUV-Frame. Максимальные цифры при коррекции ротационных деформаций достижимы в аппарате Илизарова, но при условии неоднократной переустановки ротирующего узла. Среди гексаподов в этой номинации лучшие результаты достигнуты при использовании SUV-Frame.

Таблица 1

Репозиционные возможности гексаподов и аппарата Илизарова

	TSF	IHA	SUV-Frame	Аппарат Илизарова
Осевое перемещение	170	70	Не огранич.	Не огранич.
Плоскопараллельное перемещение во фронтальной плоскости (кнутри/кнаружи)	200/190	70/75	Не огранич.	Не огранич.
Плоскопараллельное перемещение в сагиттальной плоскости (кпереди/кзади)	190/200	72/76	Не огранич.	Не огранич.
Угловое перемещение варус/0/вальгус	40/0/42	32/0/38	50/0/48	65/0/65
Угловое перемещение антекурвация/0/рекурвация	37/0/37	40/0/30	42/0/43	72/0/68
Ротация внутренняя/0/наружная	69/0/75	38/0/42	75/0/77	Не огранич.

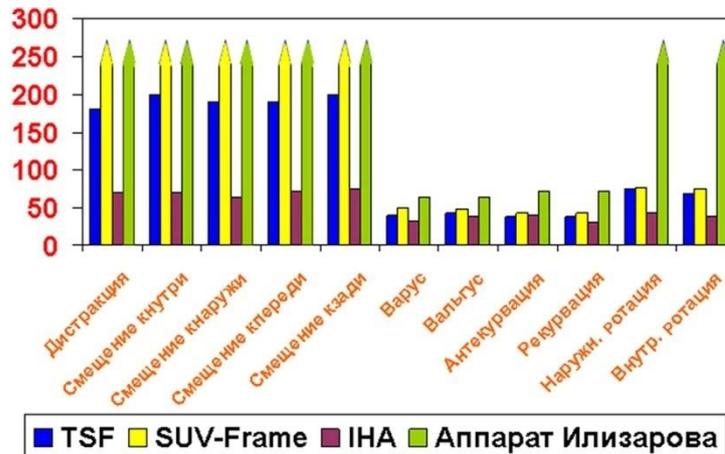


Рис. 6. Диаграммы максимально возможных величин перемещения костных фрагментов

ВЫВОДЫ

1. Среди аппаратов со свойствами пассивной компьютерной навигации наилучшие возможности при дистракции, плоскопараллельному, угловому перемещению костных фрагментов и ротации обеспечивает конструкция SUV-Frame.
2. Аппарат Илизарова обеспечивает лучшие

показатели перемещения костных фрагментов в сравнении с гексаподами, однако для коррекции каждого компонента деформации необходим монтаж специального унифицированного узла, что усложняет использование этой конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейдик, О. В. Пути оптимизации лечения больных с травмами и деформациями конечностей методом наружного чрескостного остеосинтеза : автореф. дис... д-ра мед. наук / О. В. Бейдик ; Самар. гос. мед. ун-т. – Самара, 1999. – 39 с.
2. Девятов, А. А. Чрескостный остеосинтез / А. А. Девятов. – Кишинев : Штиинца, 1990. – 316 с.

3. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза длинных костей : метод. рекомендации / сост. : Л. Н. Соломин [и др.]. – СПб., 2004. – 21 с. – Режим доступа: <http://niito.org/solomin/download/mundef.zip>.
4. Соломин, Л. Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г. А. Илизарова / Л. Н. Соломин. - СПб., 2005. - 544 с.
5. Результаты коррекции по методу Илизарова деформаций бедра и голени / Л. Н. Соломин [и др.] // Травматол. ортопед. России. – 2008. - № 3. – С. 44-45.
6. Шевцов, В. И. Дефекты костей нижних конечностей. Чрескостный остеосинтез по методикам Российского научного центра "ВТО" им. академика Г. А. Илизарова / В. И. Шевцов, В. Д. Макушин, Л. М. Куфтыев. – Курган : Зауралье, 1996 – 504 с.
7. Шевцов, В. И. Реабилитация больных с неправильно сросшимися переломами костей голени / В. И. Шевцов, А. М. Аранович, Р. М. Бородайкевич. – Курган : Дамми, 2003. – 284 с.
8. Correction of tibial malunion and non-union with six-axis analysis deformity correction using the Taylor Spatial Frame / D. S. Feldman [et al.] // J. Orthop. Trauma. – 2003. – Vol. 17. - P. 549–554.
9. Paley, D. Principles of deformity correction / D. Paley. - New York : Springer-Verlag, 2005. – 806 p.
10. Correction of deformities with conventional and hexapod frames – comparison of methods / R. Rodl [et al.] // Z. Orthop. Ihre Grenzgeb. - 2003. – Bd. 141, H. 1. – S. 92–98.
11. Lower limb deformities in children : two-stage correction using the Taylor Spatial Frame / M. Sluga [et al.] // J. Pediatr. Orthop. – 2003. – Vol. 12-B, No 2. – P. 123–128.
12. Solomin, L. The basic principles of external fixation using the Ilizarov device / L. Solomin. – Milan : Springer-Verlag, 2008. – 358 p.

Рукопись поступила 01.12.08.

## Предлагаем вашему вниманию



**В.И. Шевцов, В.Д. Макушин**

### **ОРГАНОСБЕРЕГАЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ**

**(Межберцовое синостозирование аппаратом Илизарова)**

**Издательство «Зауралье», 2008 г. - 584 с.**

**ISBN 978-5-87247-479-1**

В монографии представлены разнообразные восстановительные технологии лечения с помощью аппарата Илизарова больных, страдающих сложными формами дефектов большеберцовой кости различного генеза.

Сохранные операции обоснованы экспериментальными, биомеханическими, функциональными и клиническими исследованиями в зависимости от анатомо-функциональных нарушений.

Подробное описание методик операций дает представление о диапазоне и преимуществах применения чрескостного остеосинтеза у детей и взрослых, когда необходима альтернатива сохранения конечности при «ампутационных ситуациях». Данные функциональных исследований обосновывают целесообразность методик чрескостного остеосинтеза в сочетании с МБС.

Монография богато иллюстрирована рисунками, схемами остеосинтеза и клиническими примерами.

Предназначена для широкого круга хирургов-ортопедов, имеющих опыт использования аппаратов внешней фиксации, слушателей факультетов квалификации, преподавателей кафедр НИИТО, студентов медицинских ВУЗов.