

© Группа авторов, 2005

## **Трехмерное моделирование чрескостного остеосинтеза при лечении переломов коротких трубчатых костей конечностей**

**А.Б. Слободской, А.П. Барабаш, А.Ю. Попов, В.А. Кирсанов**

### **Three-dimensional modelling of transosseous osteosynthesis for fracture treatment of limb short tubular bones**

**A.B. Slobodskoy, A.P. Barabash, A.Y. Popov, V.A. Kirsanov**

16 Центральный военный специализированный госпиталь МО РФ, г. Шиханы;  
Научно исследовательский институт травматологии и ортопедии, г. Саратов

Целью настоящего исследования является улучшение результатов лечения больных с переломами коротких костей конечностей путем комплексного лечения с применением трехмерного моделирования операции чрескостного остеосинтеза. Для анализа рентгенограмм использовался персональный компьютер, оборудованный средствами ввода и визуализации изображения, а также программное обеспечение по их обработке, функционирующее в стандартной среде Windows. Лечилось 112 пострадавших с переломами коротких костей конечностей с применением метода чрескостного остеосинтеза. У 82 пациентов проводилось трехмерное моделирование операции в режиме 3-D визуализации с последующим составлением плана уже реальной операции. Метод позволил улучшить анатомические и функциональные результаты, сократить продолжительность лечения, снизить число осложнений и неудовлетворительных исходов, оптимизировать метод чрескостного остеосинтеза в целом.

**Ключевые слова:** переломы костей, чрескостный остеосинтез, трехмерная визуализация изображения, моделирование операции.

The object of the present study consists in the improvement of the outcomes in patients with fractures of limb short tubular bones using complex treatment with 3D-modelling of transosseous osteosynthesis surgery. For x-ray assessment a personal computer was used equipped with the means for input and visualization of images as well as having the software to process these images and functioning in standard Windows environment. 112 patients with fractures of limb short bones (clavicula, hand and foot ones) were treated using the technique of transosseous osteosynthesis. In 82 patients 3D-modelling of surgery was performed in the mode of 3D visualization with subsequent planning of just real surgery. The method allowed to improve anatomic and functional results, to reduce the duration of treatment, to lower the number of complications and unsatisfactory outcomes, to optimize the technique of transosseous osteosynthesis as a whole.

**Keywords:** bone fractures, transosseous osteosynthesis, three-dimensional visualization of image, modelling of surgery.

Лечение больных с переломами коротких костей конечностей до настоящего времени остается актуальной и сложной проблемой травматологии и ортопедии. Этот вид повреждений опорно-двигательной системы встречается наиболее часто, составляя от 13 до 40 % относительно всех повреждений костей конечностей [1, 5, 10, 12, 18]. В большинстве своем пациенты проходят лечение в травмпунктах, хирургических кабинетах поликлиник. Вследствие кажущейся простоты данной патологии и недооценки тяжести повреждения, ошибки в диагностике и лечении этих пострадавших на всех этапах медицинской помощи достигают 15-70 %, а ги-

подиагностика имеет место в 26,1 % случаев [2, 3, 5, 6, 12]. Несмотря на совершенствование лечения данной категории пациентов [3, 4, 9, 11, 13, 14, 17], осложнения после переломов коротких костей конечностей и неудовлетворительные исходы лечения не имеют тенденции к снижению [1, 5, 6, 7, 8, 15, 16].

**Целью настоящего исследования** является улучшение результатов лечения больных с переломами коротких костей конечностей путем применения цифровой обработки видеoinформации, снятой с рентгенограмм, и трехмерного моделирования операции чрескостного остеосинтеза.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Под нашим наблюдением находилось 112 пострадавших с переломами коротких трубчатых костей конечностей (ключицы, пястные, плюсневые), которым в качестве лечебного пособия применен метод чрескостного остеосинтеза. Из них с переломами коротких трубчатых костей кисти было 33 больных (29,5 %), костей стопы –

35 (31,5 %) и с переломами и переломовывихами ключицы – 44 пациента (39,0 %). Мужчин было 96, женщин – 16. Возраст больных варьировал от 9 до 64 лет. Закрытых повреждений коротких костей конечностей диагностировано 89 (79,5 %), открытых – 23 (20,5 %), в том числе огнестрель-

ных переломов – 4 (3,6 %). Изолированные переломы имели место у 99 пациентов (88,4 %). С сочетанными и множественными повреждениями, включающими повреждения коротких трубчатых костей конечностей, лечилось 13 пострадавших (11,6 %).

Для оценки результатов лечения больные были разделены на группы (табл. 1).

Таблица 1  
Больные, лечившиеся методом чрескостного остеосинтеза (абс. ч.)

|             | 1 группа | 2 группа | Всего |
|-------------|----------|----------|-------|
| Ключица     | 35       | 9        | 44    |
| Кости кисти | 24       | 9        | 33    |
| Кости стопы | 26       | 9        | 35    |
| Всего       | 85       | 27       | 112   |

В 1-й группе (85 пациентов) применялся метод цифровой обработки видеoinформации, снятой с предоперационных рентгенограмм, и компьютерное моделирование операции с помощью 3-D графики. Во 2-й группе (27 больных) перед операцией не проводили моделирование предстоящей операции и выполняли чрескостный остеосинтез по общепризнанным методикам. Оценка результатов лечения проводили по комплексному критерию, включающему дефицит объема движений в смежных суставах травмированного сегмента, продолжительность фиксации перелома аппаратом Г.А. Илизарова, продолжительность стационарного и общего лечения, наличие осложнений (воспалительного характера, нарушение процессов консолидации, вторичное смещение отломков, общего характера) и исходы лечения (улучшение, первичная инвалидность, увольнение из Вооруженных Сил).

Для выполнения поставленной задачи необходим ПК не менее Pentium 200 с 128 МВ ОЗУ), оборудованный средствами ввода и визуализации изображения, а также программное обеспечение по обработке ввода и визуализации изображения, программное обеспечение по 3D-графике. Цифровой анализ изображения может проводиться в любой из программ векторной графики (Corel Draw 11, Adobe Photoshop 7.0, Microsoft Photo Editor). Пространственное моделирование проводилось в программе трехмерной графики 3D MAX Studio 3.0; 5.0.

Анализ информации проводился в два этапа. Первый этап.

1. Выполнение стандартного рентгенологического исследования пациента на момент поступления в лечебное учреждение после травмы, включающего рентгенографию травмированного сегмента конечности в двух взаимоперпендикулярных проекциях, при необходимости дополнительных атипичными косыми проекциями и томограммами. Снятие антропометрических данных травмированной конечности больного сразу после рентгенографии. Сравнение полученных данных рентгенометрии и антропометрии, вычисление

коэффициента геометрического увеличения рентгеновского изображения для учета его при введении данных истинных геометрических размеров трехмерных объектов.

2. Ввод изображения рентгенограмм в компьютер с помощью лазерного сканера «Mustek 1200 UB Plus» в цветовом режиме «Gray» с глубиной изображения оттенков серого до 8 разрядов (бит) и разрешающей способностью до 1200 dpi.

3. Удаление артефактов пленки и сканштрихов, усиление четкости изображения.

4. Калибровка оптической плотности. Учитывая, что приходилось сканировать рентгенограммы различных оптических характеристик, а иногда и низкого качества, проводилась их оптическая калибровка. Этим достигалось приведение изображения к единому масштабу плотности.

5. Трехмерные построения. С помощью инструментов пространственной графики в трехмерном пространстве из примитивных форм моделировались костные структуры области перелома – короткие трубчатые кости конечности. Необходимые данные также брались из «Атласа анатомии человека» под редакцией Р.Д. Синельникова, атласа «Рентгеновская анатомия», Д. Надь, Будапешт, 1961. В программе 3D-графики в качестве фона сцены выбиралась нужная рентгенограмма зоны перелома в двух проекциях. Область перелома моделировалась с помощью функции «Отрез» в различных вариациях. Идентичность костных структур на сканограмме и трехмерных моделей достигалась полным сопоставлением их контуров в двух взаимно перпендикулярных проекциях. После построения костных структур выполнялось их масштабирование до нужных размеров, определенных ранее антропометрически и рентгенологически. Таким образом, получалась точная копия костей травмированного сегмента, но в виртуальном пространстве. Удобство визуализации данной трехмерной модели возможно, благодаря абсолютной свободе вращения пространственной сцены относительно зрителя, а также вращения самой модели в сцене.

6. Виртуальное моделирование этапов репозиции. С помощью инструментов линейного, углового и ротационного перемещения дислоцировались фрагменты и крупные осколки, перспективные для репозиции. Очередность действий диктовалась соображениями наименьшей травматизации тканей при манипуляции с отломками, т.е. обеспечением наиболее благонадежного сопоставления отломков при наименьшем количестве и амплитуде их перемещений. Моменты виртуальной репозиции выполнялись в следующем порядке: дистракция фрагментов (рис. 1, а: фрагменты А, С смещаются дистально по оси), устранение углового смещения (рис. 1, с: фрагменты А, С вращаются против часовой стрелки в сагиттальной плоскости), устранение смещения по ширине (рис. 1, b: фрагмент В смещается книзу, фрагмент А –

кверху), перемещение единым блоком (рис. 1, d: фрагменты А, С, Е, F перемещаются вверх по оси: тракция, (рис. 1, f: те же фрагменты вращаются против часовой стрелки в сагиттальной плоскости для устранения угловой тыльной деформации), устранение ротационного смещения по периферии (рис. 1, e: фрагменты А, С вращаются по часовой стрелке относительно оси пальца), смещение по ширине (рис. 1, h: фрагменты А, С, Е, F перемещаются кнаружи), компрессия (рис. 1, g). Центр вращения при этих манипуляциях для проксимальных отломков соответствовал центру проксимальнее расположенного сустава (рис. 1, j), для дистальных отломков – центру зоны перелома (для ключицы – акромиально-ключичному сочле-

нению, рис. 1, i). Изменение координат каждого из костных трехмерных фрагментов фиксировалось в виде цифровых данных автоматически в рабочем окне программы (в миллиметрах и градусах). Каждый этап репозиции записывался в памяти компьютера отдельно в виде копии изображения рабочего окна программы и содержал изображение виртуальной сцены (вместе с костными структурами) в четырех видах (спереди, сверху, сбоку, в перспективе), где перемещаемый фрагмент выделялся отдельным цветом, а координаты его перемещения указывались в отдельной строке под картинкой. Таким образом, достигалось максимально полное виртуальное сопоставление костных трехмерных отломков.

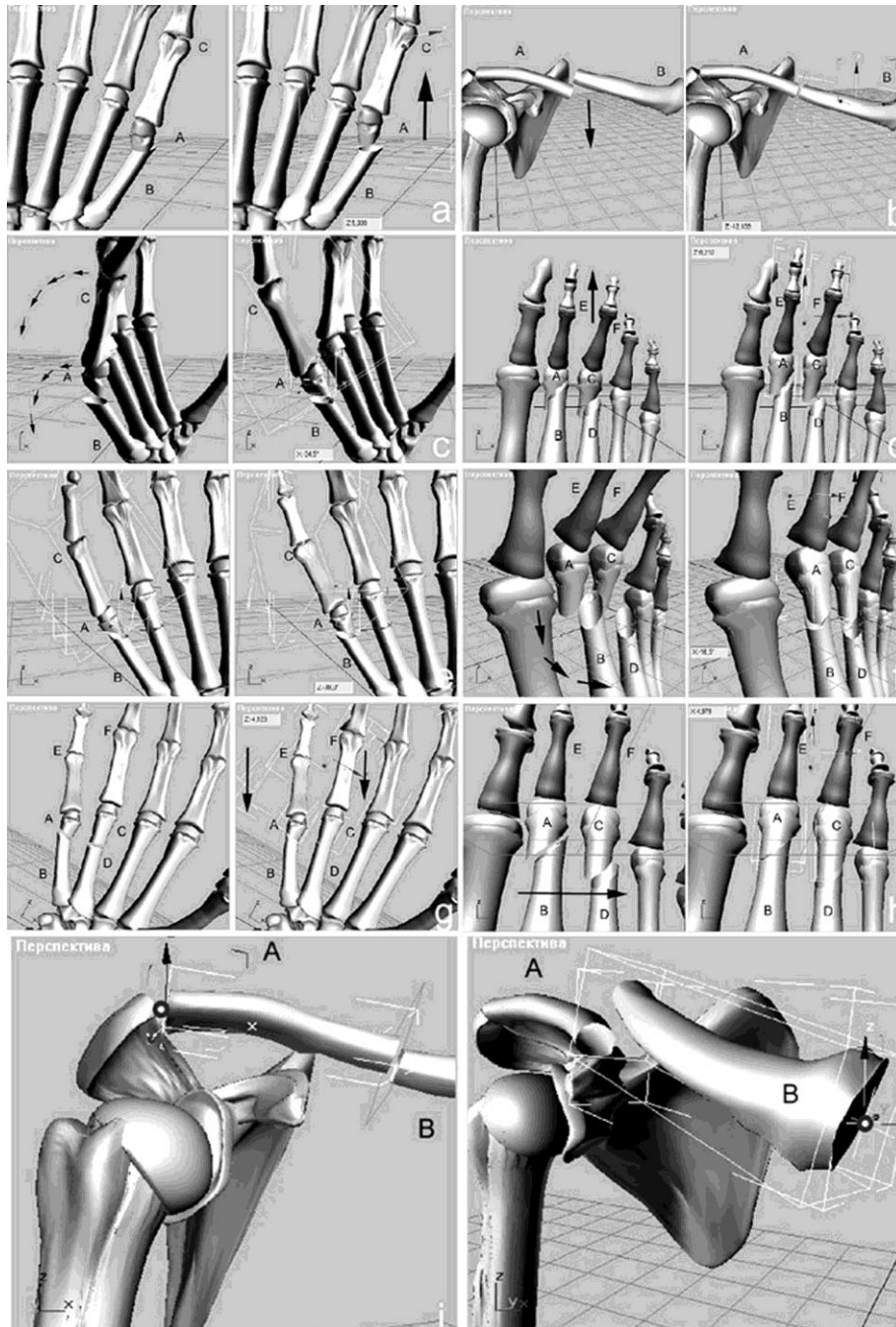


Рис. 1. Виды виртуальной репозиции

7. Протоколирование. В программе MS Office 2000 создавался шаблон протокола, включающий краткие данные о пациенте, изображение исходных рентгенограмм, рентгенологическое заключение, изображение этапов виртуальной репозиции с цифровыми данными о величине перемещений и краткими пояснениями. Лечащий врач-травматолог имел возможность ознакомиться с данным протоколом в электронном варианте или распечатанным на бумаге уже через 2 часа (при условии наличия в памяти компьютера готовых шаблонов-заготовок костных трехмерных структур). На основании данного протокола формировался план реальной операции и оптимальная компоновка аппарата.

Второй этап проводился после реальной операции и выполнения контрольных рентгенограмм, если после выполнения внеочагового остеосинтеза и манипуляций на сегментах конечности сохранялось неустраненное смещение отломков и требовалась дополнительная коррекция. Дополнительная виртуальная репозиция выполнялась подобно методу, описанному в первом этапе, но с учетом фиксации металлоконструкцией. После составления виртуального плана репозиции отломков выполнялось дополнительное устранение смещения, но с учетом фиксации аппаратом Г.А. Илизарова, (заявка на изобретение № 2004123489/14(025308).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка дефицита объема движений в смежных с травмированным сегментом суставах проводилась по критерию Свансона для плеча (Swansob shoulder score, 1989); оценке исходов при нарушении функции руки, плеча и кисти, разработанных Американской академией ортопедической хирургии (Disadility of the arm, shoulder and hand outcome measure, AAOS 1993) и системе оценки дисфункции нижней конечности (Assessment Sistem of Lower-Extrtmity Disfunction, 1994) [19, 20, 21]. Установлено, что на протяжении всего периода наблюдения после операции дефицит объема движений в плечевом, кистевом и суставах пальцев был больше у больных, где не проводилось трехмерное моделирование операции остеосинтеза (в разные сроки в 1,2-1,6 раза). На 15-е и 30-е сутки после операции дефицит движений в первой группе был меньше, нежели во второй в 1,3 раза, а к 60-м суткам этот показатель вырос до 1,6.

Продолжительность лечения больных с переломами коротких костей конечностей находилась в прямой зависимости от качества репозиции, которая была гораздо более высокого качества при применении цифровой обработки видеоинформации, снятой с предоперационных рентгенограмм, и последующем компьютерном моделировании операции с помощью 3D-графики. Так, у больных, которым проводилась цифровая обработка видеоинформации и 3D-компьютерное моделирование операции остеосинтеза, продолжительность стационарного лечения составила 14,2 суток, что в 1,4 раза меньше, нежели во второй группе, где чрескостный остеосинтез выполнялся в стандартном варианте (19,7 суток).

Более объективным критерием при анализе продолжительности лечения мы считаем срок фиксации в аппарате. Он определялся клиническими данными, рентгенологической картиной перелома в динамике, данными функциональной пробы. В первой группе этот показатель составил 18,5 суток, что в 1,5 раза меньше, не-

жели во второй группе (27,9 суток).

Осложнения в виде нарушения процессов консолидации переломов, практически все связанные с замедленным сращением, наблюдались у четырех пациентов во второй группе, что составило 14,8 % от всех лечившихся в этой группе. При компьютерном моделировании остеосинтеза осложнений не наблюдалось вовсе.

Исходы лечения оценивались по следующим показателям:

- *Улучшение с выздоровлением.* В эту группу относили всех пострадавших, у которых наблюдалось срастание перелома без каких-либо особенностей, в обычные для данной локализации и вида травмы сроки, без осложнений любого характера. После завершения лечения больные возвращались к своей работе и образу жизни, как и до травмы, без всяких ограничений.

- *Уволен из Вооруженных Сил* (относится только к военнослужащим). После завершения лечения больному решением военно-врачебной комиссии менялась категория годности к военной службе или он признавался негодным к военной службе вовсе.

- *Первичная инвалидность.* После завершения лечения, или в процессе лечения, больные получали группу инвалидности.

Всего с улучшением пролечилось 104 больных, что составило 92,8 % от всех лечившихся. Однако, сравнивая этот показатель по группам, выявляются различия. Так, при трехмерном моделировании операции чрескостного остеосинтеза из 85 пациентов выписались с улучшением 83, что составило 97,6 %. В группе, где чрескостный остеосинтез проводился без предварительной цифровой обработки видеоинформации и компьютерного моделирования операции, с улучшением выписался 21 пациент, что составило только 77,8 % от числа лечившихся в группе.

Уволены из рядов ВС после переломов коротких костей конечностей трое военнослужа-

ших во второй группе (11,1 %), тогда как при трехмерном моделировании операции, уволен-

ных не было. Первичной инвалидности при переломах коротких костей конечностей не было.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Применение трехмерного моделирования чрескостного остеосинтеза при переломах коротких костей конечностей позволяет улучшить анатомические и функциональные результаты лечения. Функция смежных суставов травмированного сегмента восстанавливается в 1,3-1,6 раз быстрее, нежели при применении других методов лечения. При этом осложнений воспалительного характера, вторичного смещения отломков, нарушения процессов консолидации и осложнений общего характера, а также первичной инвалидности и увольнения из рядов ВС не наблюдалось вовсе. Продолжительность ста-

ционарного и общего лечения сократилась в 1,4 раза, а время фиксации в аппарате – в 1,5 раз.

Таким образом, метод трехмерного моделирования чрескостного остеосинтеза при переломах коротких костей конечностей достаточно прост, дешев, доступен к применению в большинстве лечебных учреждений. Кроме улучшения анатомических и функциональных результатов лечения, трехмерное моделирование позволяет оптимизировать метод чрескостного остеосинтеза в целом, повысить качество выполнения операции.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев, Л. М. Сравнительная оценка различных методов лечения переломов трубчатых костей кисти / Л. М. Афанасьев, А. В. Козлов, О. А. Якушин // Травматология и ортопедия России. – 1998. - № 2. – С.13-15.
2. Губочкин, Н. Г. Ошибки и осложнения при повреждениях кисти / Н. Г. Губочкин // Человек и его здоровье : материалы 2 Рос. национал. конгресса СПб., 1997. – С. 245
3. Губочкин, Н. Г. Избранные вопросы хирургии кисти / Н. Г. Губочкин, В. М. Шаповалов. - СПб. : ВМА, 2000. – С. 4-6; 29-33.
4. Лечение переломов и вывихов ключицы аппаратом для чрескостного остеосинтеза : метод. рекомендации / сост. : Г. А. Илизаров, Г. С. Сушко ; РНЦ «ВТО». - Курган, 1979. - 25 с.
5. Коршунов, В. Ф. Стабильный интрамедуллярный остеосинтез при переломах пястных костей и фаланг пальцев / В. Ф. Коршунов, Д. А. Магдиев, В. И. Барсук // Вестн. травматол. и ортопед. – 2000. - № 2. – С. 32-37.
6. Неверов, В. А. Лечение закрытых переломов пястных костей / В. А. Неверов, М. И. Дадалов, У. А. Рашидов // Материалы научной конференции, посвященной 100-летию первой в России ортопедической клиники. – СПб. : ВМА, 2000. – С. 191.
7. Обухов, И. А. Лечение переломов трубчатых костей кисти / И. А. Обухов // Травматол. и ортопед. России. – 1998. - № 1. – С. 5-10.
8. Оноприенко, Г. А. Накостный остеосинтез при ложных суставах несросшихся и неправильно сросшихся переломах пястных костей и фаланг кисти / Г. А. Оноприенко, О. Ш. Буачидзе, В. С. Зубков // Травматол. и ортопед. России. – 1998. - № 1. – С. 10-13.
9. Сысенко, Ю. М., Новичков, С. И. К вопросу о лечении переломов ключицы // Гений ортопедии. – 2000. - № 2. - С. 86-90
10. Сысенко, Ю. М. Лечение больных с переломами трубчатых костей кисти методом чрескостного остеосинтеза / Ю. М. Сысенко, С. И. Швед // Гений ортопедии. – 2000. - № 4. – С. 41-46.
11. Уразгильдеев, Р. З. Стабильно-функциональный остеосинтез аппаратом чрескостной фиксации при вывихах и переломах акромиального конца ключицы : автореф. дис... канд. мед. наук / Р. З. Уразгильдеев. - М., 1997. - 19 с.
12. Фоминых, А. А. Применение аппаратов наружной фиксации в современной хирургии кисти / А. А. Фоминых, А. Н. Горячев // Гений ортопедии. – 2000. - №4. – С. 60-65.
13. Применение аппарата Илизарова при переломах коротких трубчатых костей : пособие для врачей / МЗ РФ РНЦ "ВТО"; сост. : С. И. Швед, Ю. М. Сысенко, С. И. Новичков. - Курган, 1997. - 26 с.
14. Клинические возможности метода управляемого остеосинтеза в хирургии кисти и стопы / В. И. Шевцов [и др.] // Гений ортопедии. – 1998. - № 4. - С.108-117.
15. Liew, K. H. Metacarpal and proximal phalangeal fractures – fixation with multiple intramedullary Kirschner wires / K. H. Liew, B. K. Chan, C. O. Low // Hand Surg. – 2000. – Vol. 5, No 2. - P. 125-130.
16. Lundeen, J. M. Clinical results of intraarticular fractures of the base of the fifth metacarpal treated by closed reduction and cast immobilization / J. M. Lundeen, A. Y. Shin // J. Hand Surg. – 2000. – Vol. 25-B, No 3. – P. 258-261.
17. The use of minimally invasive fixation in fractures of the hand – the minifixator concept / D. Pennig [et al.] // Injury. – 2000. – Vol. 31, Suppl. 1. - P. 102-112.
18. Proximal fractures of the fifth metacarpal / M. Papaloizos [et al.] // J. Hand Surg. – 2000. – Vol. 25-B, No 3. - P. 253-257.
19. Oberg, U. Validity and reliability of a assessment of lower-extremity dysfunction / U. Oberg, B. Oberg, T. Oberg // Physical Therapy. - 1994. - Vol. 74, No 9. - P. 861-870.
20. Bipolar implant shoulder arthroplasty / A. B. Swanson [et al.] // Clin. Orthop. - 1989. – No 249. - P. 227-247.
21. Hawkins, R. J. – American Academy of Orthopaedic Surgeon, Rosemont I.L., 1993. - P. 519-629.

Рукопись поступила 15.09.04.