

Лекция

© Группа авторов, 2011

УДК 004.42:616.71-001.5-089.227.21

Орто-СУВ аппарат: чрескостный аппарат, работа которого основана на компьютерной навигации

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

Ortho-SUV frame: a transosseous device, the work of which is based on computer navigation

L.N. Solomin*, A.I. Utekhin, V.A. Vilensky***

*ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена Минздравсоцразвития», г. Санкт-Петербург, Россия

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

При коррекции сложных многокомпонентных многоплоскостных деформаций аппаратом Илизарова необходима трех-, пятикратная замена унифицированных репозиционных узлов. Перемещать фрагменты одноэтапно, по «интегральной» траектории позволяют чрескостные аппараты, работа которых основана на компьютерной навигации (т.н. «гексаподы»). Исходному положению костных фрагментов соответствует длина каждой из шести соединяющих опоры телескопических стоек – страт. Компьютерная программа рассчитывает, как должна измениться длина каждой из страт, чтобы было обеспечено должное расположение костных фрагментов. Проведенный сравнительный анализ используемых в настоящее время ортопедических гексаподов (Taylor Spatial Frame, Ilizarov Hexapod System и Орто-СУВ аппарат) показал преимущества Орто-СУВ аппарата в номинациях возможностей репозиции, жесткости остеосинтеза, удобстве использования металлоконструкции и компьютерной программы. Орто-СУВ аппарат апробирован при лечении 93 пациентов (109 случаев наложений аппарата). Во всех случаях коррекция деформации (репозиция перелома) была достигнута одноэтапно, без необходимости частичных перемонтажей аппарата. Осложнения были отмечены в 14 случаях (12,8 %) и были преимущественно воспалительного характера.

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, компьютерная навигация, репозиционные возможности, жесткость остеосинтеза, коррекция деформаций, репозиция переломов.

The three-fold, five-fold change of unified repositioning hinges is necessary for correction of complex multicomponental multiplanar deformities using the Ilizarov fixator. Transosseous devices the work of which is based on computer navigation (so-called hexapods) allow to move bone fragments in a single-stage manner along the “integral” trajectory. The length of each of connecting telescopic rods – struts – conforms to the initial position of bone fragments. The software calculates the change of each strut length to achieve the required bone fragment position. The made comparative analysis of the hexapods used nowadays (Taylor Spatial Frame, Ilizarov Hexapod System and Ortho-SUV Frame) has demonstrated the advantages of Ortho-SUV frame in the potentials of reposition, osteosynthesis rigidity, comfort of hardware and software use. Ortho-SUV Frame has been evaluated in treatment of 93 patients (109 cases of the frame appliance). Deformity correction (fracture reposition) was achieved by single stage without the necessity of partial remounting of the frame. Complications were observed in 14 cases (12.8 %), and they were mainly of inflammatory character.

Keywords: transosseous osteosynthesis, computer navigation, repositional potentials, osteosynthesis rigidity, deformity correction, fracture reposition.

ВВЕДЕНИЕ

При коррекции сложных многокомпонентных многоплоскостных деформаций аппаратом Илизарова необходима трех-, пятикратная замена унифицированных репозиционных узлов (рис. 1, а-г) (Л.Н. Соломин и др., 2009). Перемещать фрагменты одноэтапно, по «интегральной» траектории (рис. 1, д, е) позволяют чрескостные аппараты, работа которых основана на компьютерной навигации – «гексаподы». Исходному положению костных фрагментов соответствует длина каждой из шести соединяющих опоры телескопических стоек (т.н. страт). Компьютерная программа рассчитывает, как должна измениться длина каждой из страт, чтобы было обеспечено должное расположение костных фрагментов.

Впервые используемые в клинической практике ортопедические гексаподы появились в США и Германии. Это аппарат Taylor Spatial Frame – TSF [4] и аппарат Ilizarov Hexapod System – IHS [5]. Возможность выполнять математически точную коррекцию деформации любой степени сложности обеспечивает данным устройствам все большую популярность при лечении переломов и, в большей степени, деформаций длинных костей (D. Paley, 2005; K. Seide. et al., 2008; Л.Н. Соломин и др., 2009). В 2006 г. в России был разработан оригинальный чрескостный гексапод – аппарат Орто-СУВ. Цель настоящей лекции – представить основные характеристики и клинические возможности аппарата Орто-СУВ, работа которого основана на компьютерной навигации.

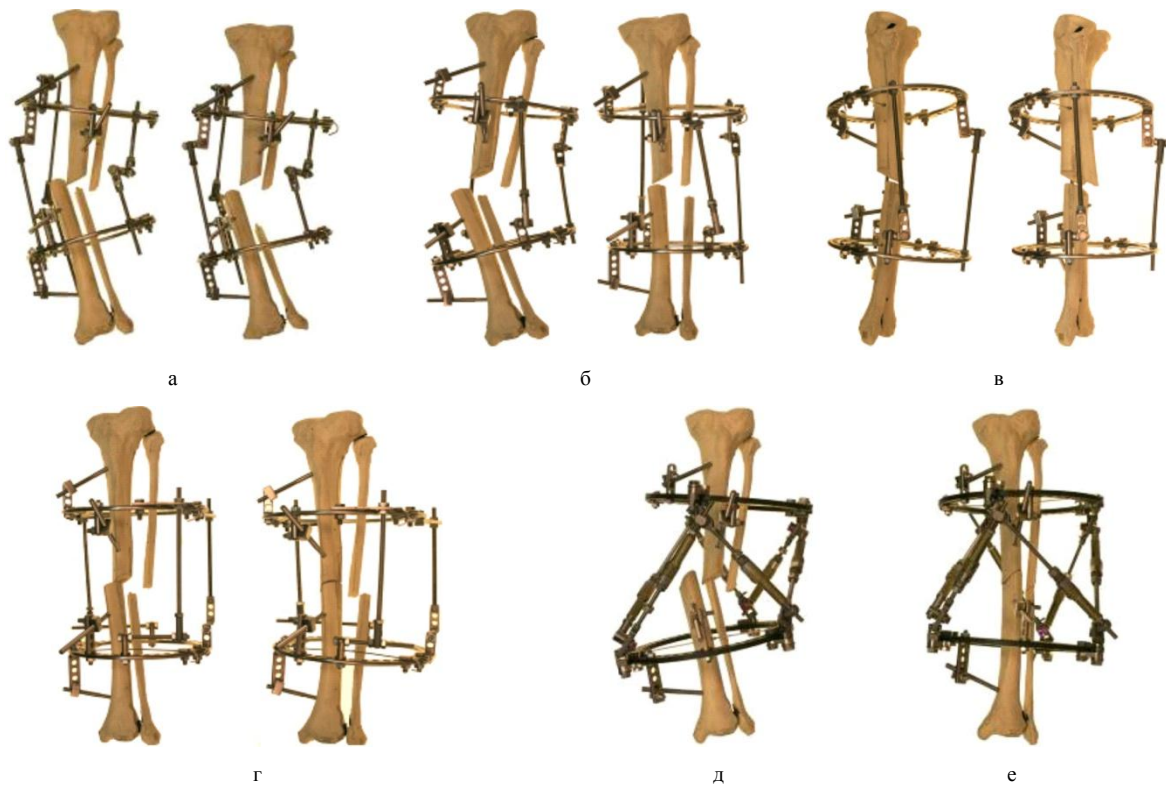


Рис. 1. Схемы устранения сложной деформации аппаратом Илизарова (а-д) и Орто-СУВ (е-ф): а – удлинение; б – устранение угловой деформации и смещения по ширине во фронтальной плоскости; в – устранение угловой деформации и смещения по ширине в сагитальной плоскости; г – устранение ротации; д, е – одноэтапное устранение сложной деформации по «интегральной» траектории при помощи гексапода – аппарата Орто-СУВ

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Аппарат Орто-СУВ [1, 2] предназначен для лечения переломов, коррекции деформаций длинных костей на любом уровне (за исключением внутрисуставных повреждений) [3], коррекции деформаций стопы, лечения контрактур крупных суставов. Аппарат Орто-СУВ состоит из двух базовых опор: основной и перемещаемой. Основная опора, посредством чрескостных элементов фиксирует основной костный фрагмент. Перемещаемая опора, соответственно, фиксирует перемещаемый костный фрагмент. В случае необходимости жесткость остеосинтеза может быть увеличена путем использования дополнительных стабилизирующих опор. Базовые опоры соединены между собой шестью стратами. В отличие от аппаратов Taylor Spatial Frame [4] и Ilizarov Hexapod System [5] в аппарате Орто-СУВ использована оригинальная кинематическая схема: только один конец каждой из страт фиксируется к опоре (рис. 2). Это позволяет улучшить возможности компоновки аппарата, повышает возможности репозиции и жесткости остеосинтеза, облегчает применение компьютерной программы, в т.ч. обеспечивает снижение количества вводимых в программу параметров. При работе с аппаратом и компьютерной программой Орто-СУВ используется только стандартная ортопедическая терминология. Блок изменения длины страты позволяет работать в двух режимах: «репозиции перелома» и

«хронической коррекции деформации» (рис. 3).

В аппарате Орто-СУВ могут быть использованы внешние опоры любого циркулярного или гибридного аппарата: Илизарова, OrthoFix, Taylor Spatial Frame, Synthes, Biomet, Stryker и других. Могут быть применены опоры, составляющие 2/3 или 5/8 кольца. Приемлемо использование опор любой формы: треугольник, овал, прямоугольник (рис. 4).

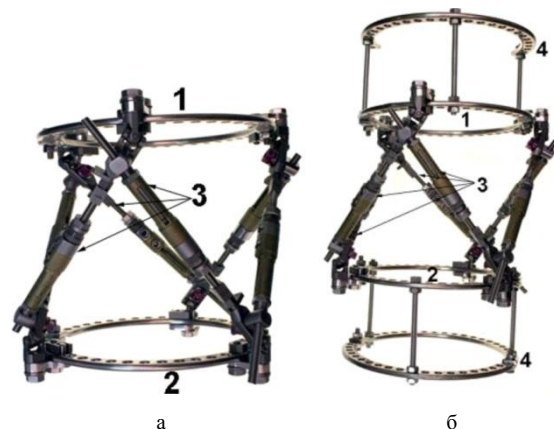


Рис. 2. Устройство аппарата Орто-СУВ: а – базовая комплектация; б – комплектация со стабилизирующими опорами. Один конец каждой из страт фиксируется к опоре, а второй – к соседней страте: 1 – основная базовая опора; 2 – перемещаемая базовая опора; 3 – страты; 4 – стабилизирующие опоры

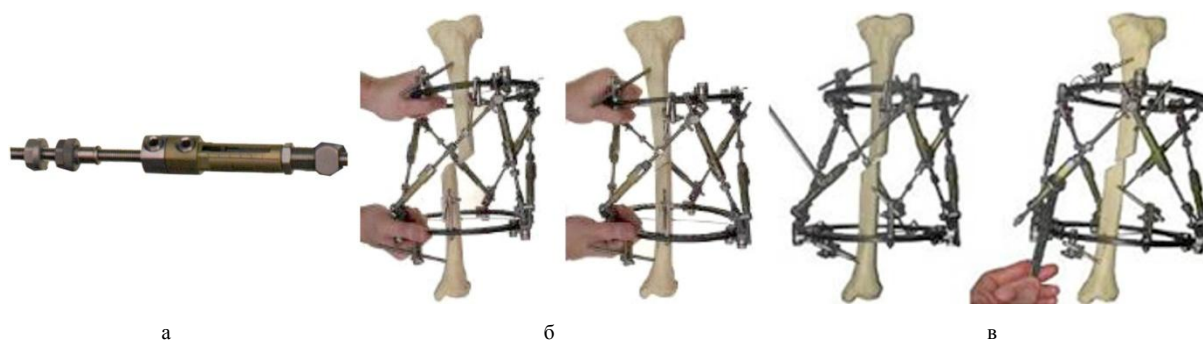


Рис. 3. Блок изменения длины страты (а) и схемы режимов работы аппарата: «репозиции перелома» (б) и «хронической коррекции деформации» с шагом дистракции или компрессии 0,25 мм (в)

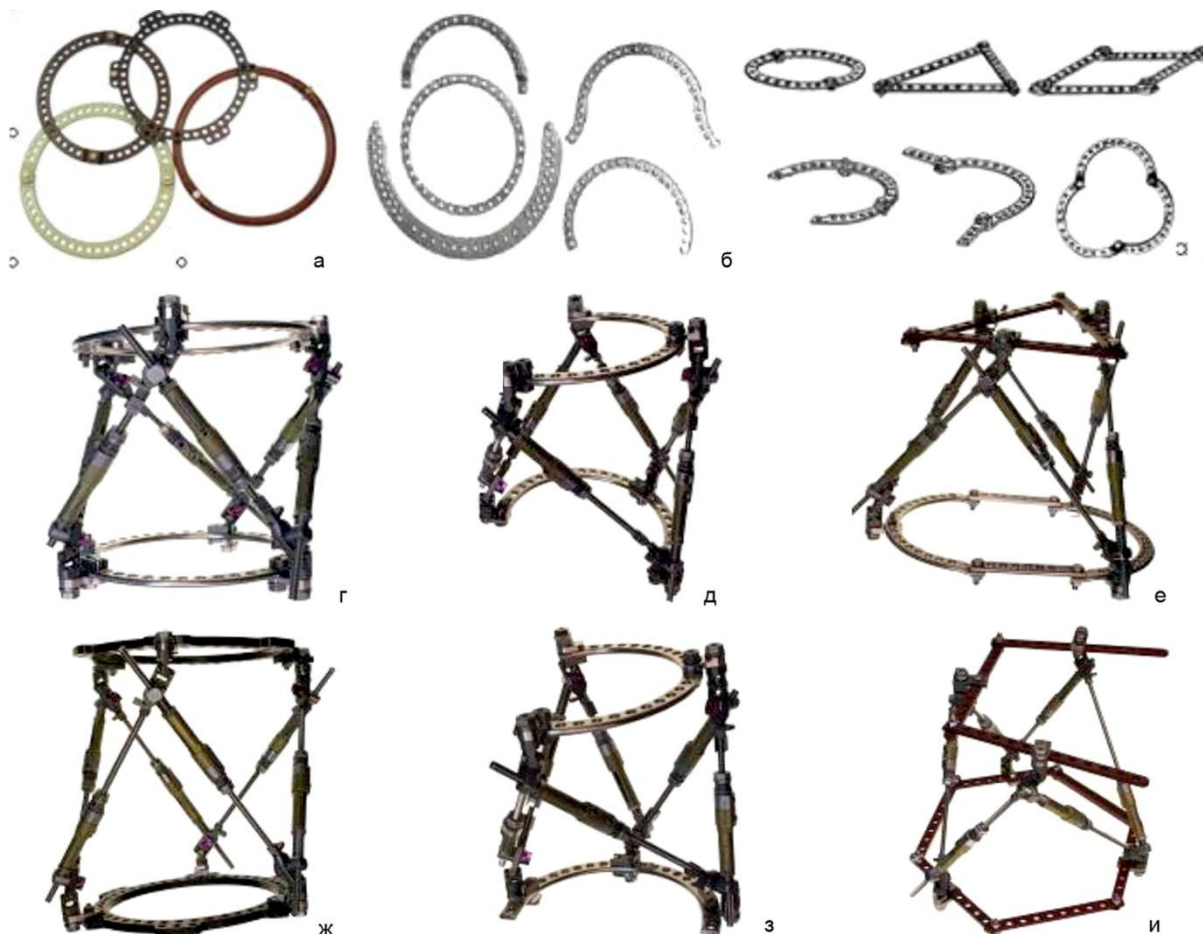


Рис. 4. Варианты компоновки аппарата Орто-СУВ: а, г, ж – использование опор разных циркулярных аппаратов; б, д, з – использование опор 1/2, 2/3, 5/8 кольца; в, е, и – использование опор разной формы (овал, треугольник, многоугольник)

При монтаже аппарата Орто-СУВ не требуется перпендикулярного расположения базовых опор по отношению к осям костных фрагментов. Костные фрагменты могут быть расположены как в центре опоры, так и эксцентрично. Это позволяет выполнять остеосинтез более быстро, сократить количество рентгеновских снимков. При этом нет необходимости введения дополнительных уточняющих положение опор и фрагментов данных в компьютерную программу.

Страты крепят к опорам при помощи прямых или Z-образных платиков. Места фиксации страт к опорам выбирает хирург, исходя из удобства монтажа аппарата (рис. 5). Это упро-

щает выполнение операции и увеличивает функциональные возможности аппарата.

Для проведения чрескостных элементов в аппарате Орто-СУВ используются только «Рекомендуемые позиции» [1, 6, 7]. Это позволяет исключить повреждение магистральных сосудов и нервов, уменьшить опасность возникновения трансфиксационных контрактур и инфекционных осложнений.

Нами были проанализированы возможности репозиции костных фрагментов в данных аппаратах в трех стандартных плоскостях и в шести степенях свободы гексаподов и аппарата Илизарова [8, 9]. На основе 48 тестов выявлено, что среди аппаратов со свойствами пассивной компьютер-

ной навигации, наилучшие возможности по дистракции, поперечному и угловому перемещениям костных фрагментов, ротации обеспечивает аппарат Орто-СУВ. Аппарат Илизарова обеспечивает лучшие показатели репозиции в сравнении с гексаподами, однако для коррекции каждого компонента деформации необходим монтаж специального унифицированного узла (рис. 6). Впрочем, возможность изменения мест фиксации страт к опорам также заложена в конструкцию аппарата Орто-СУВ.

Была проанализирована жесткость остеосинтеза, обеспечиваемая гексаподами и аппаратом Илизарова [9, 10]. В 180 сериях экспериментов про-

анализирована жесткость фиксации костных фрагментов при приложении нагрузок в трех стандартных плоскостях и в шести степенях свободы. Выявлено, что особенностью аппаратов со свойствами компьютерной навигации является люфт (исходная частичная нестабильность): наибольший у TSF, наименьший у IHS. После устранения люфта показатели жесткости аппаратов со свойствами пассивной компьютерной навигации практически идентичны показателям жесткости, обеспечиваемым гибридным (спице-стержневым) аппаратом Илизарова (рис. 7).

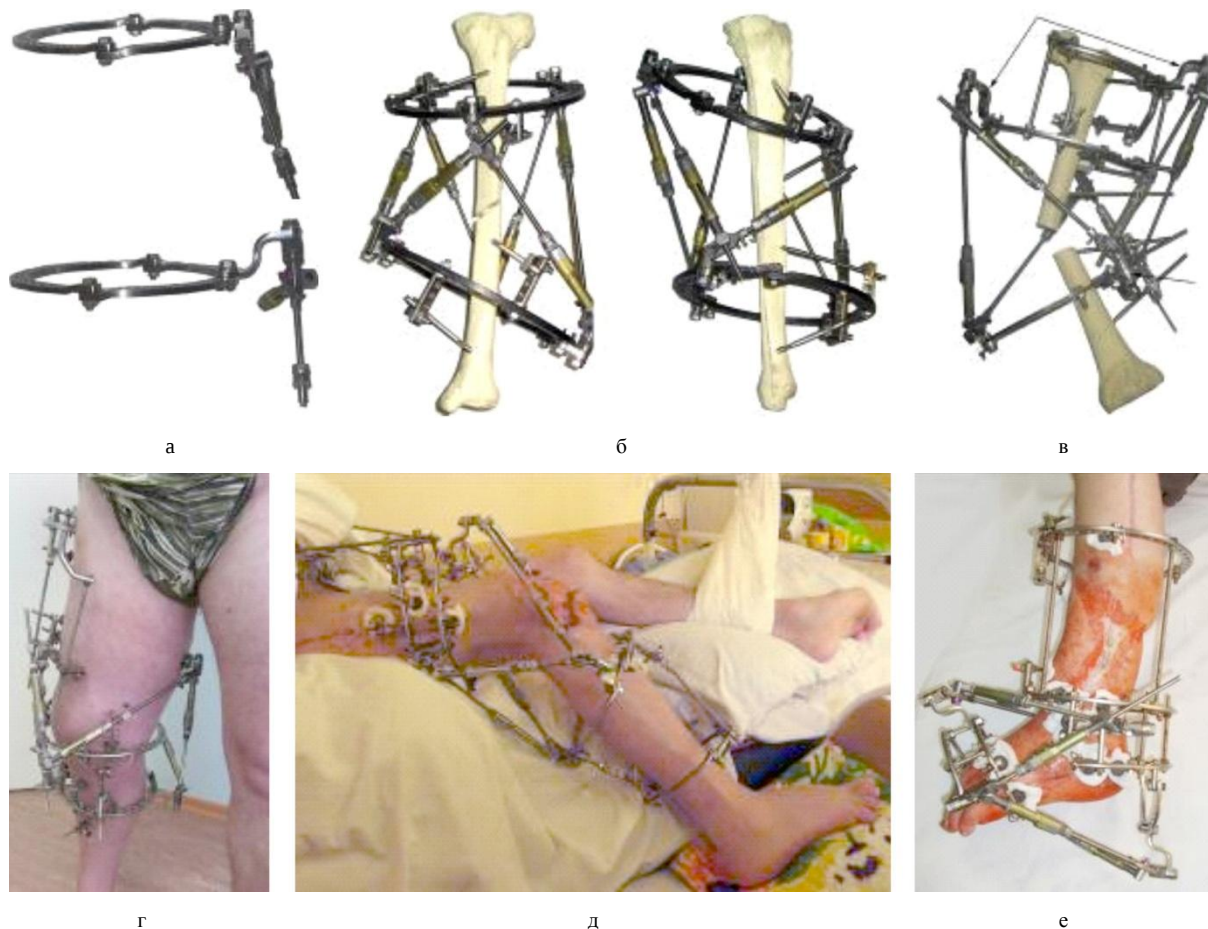


Рис. 5. Особенности монтажа аппарата Орто-СУВ: а, б – соединение страты с опорой возможно при помощи прямых или Z-образных платиков; в – возможна установка опор под любым углом; г-е – варианты крепления страт к опорам

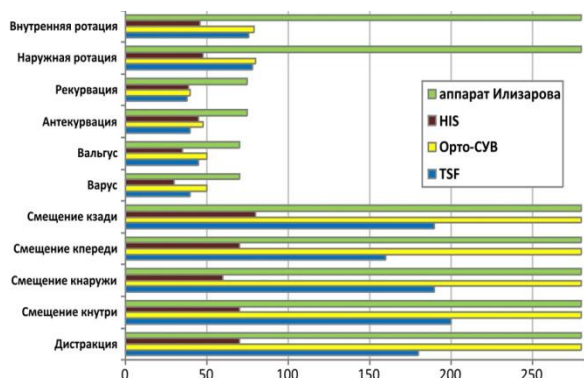


Рис. 6. Диаграммы максимально возможных величин перемещения костных фрагментов

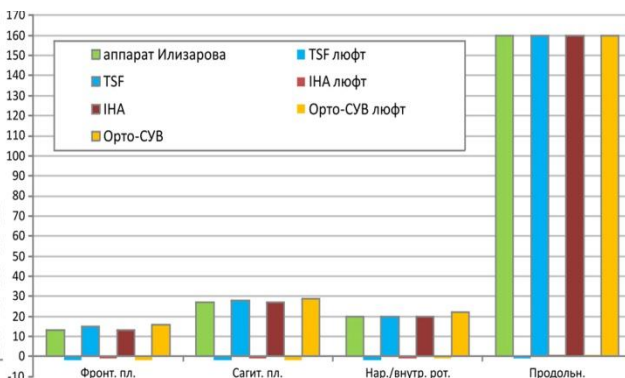


Рис. 7. Диаграммы жесткости остеосинтеза

Компьютерная программа аппарата Орто-СУВ может быть расположена на любом электронном носителе. Сети Интернет не требуется. В сравнении с аналогами количество параметров, вводимых в программу Орто-СУВ «вручную», уменьшено на 31-36 %. На любом шаге в случае необходимости возможен возврат на предыдущий шаг. Если не выполнены обязательные действия, требуемые на данном шаге, переход на следующий шаг невозможен. Основные шаги имеют защиту от ошибок введения параметров пользователем.

В программу вводят 12 параметров, измеряемых на аппарате, и 2 параметра, получаемых при выполнении рентгенограмм (рис. 8). Другие параметры, необходимые для работы программы, определяют в полуавтоматическом режиме, используя собственный набор инструментов программы (рис. 9-14).

Работа с программой предполагает последовательное прохождение 12 шагов. Это обычно занимает 8-12 мин при наличии переломов и диафизарных деформаций и 12-15 мин при эпиметафизарных деформациях, реконструктивных операциях.

Шаги 1-5 необходимы для введения данных о пациенте, загрузки рентгенограмм и их масштабирования. Для программы Орто-СУВ используют стандартные рентгенограммы, принятые для обследования в ортопедии. Вместе с

этим, программа Орто-СУВ сделает правильные расчеты и на основании рентгенограмм, сделанных не только в ортогональных проекциях, но сделанных под углом 45-80° друг к другу.

Программы-аналоги используют условную визуализацию костных фрагментов в виде цилиндров разного цвета. Программа Орто-СУВ «работает» непосредственно с загружаемыми в программу рентгенограммами в формате bmp, tiff, jpg и др. Это повышает удобство, качество работы и упрощает ее за счет визуализации всех действий.

Шаги 6 и 7 необходимы для введения фокусного расстояния и определения проекций страт и карданов (рис. 10, а, б). После этого программа произведет контроль правильности всех введенных в нее данных (кроме персональных данных о пациенте): на изображениях рентгенограмм появятся красные линии (6 линий на изображении прямой рентгенограммы и 6 линий на изображении боковой рентгенограммы). Совпадение всех красных линий с проекциями всех страт является критерием правильности введения всех данных в программу (рис. 10, в). Даже если одна из красных линий не совпадет с видимой на рентгенограмме стратой, следует вернуться к предыдущим шагам программы и последовательно проверить правильность введения всех данных. Контроль над правильностью введения параметров в программу является большим преимуществом программы Орто-СУВ.

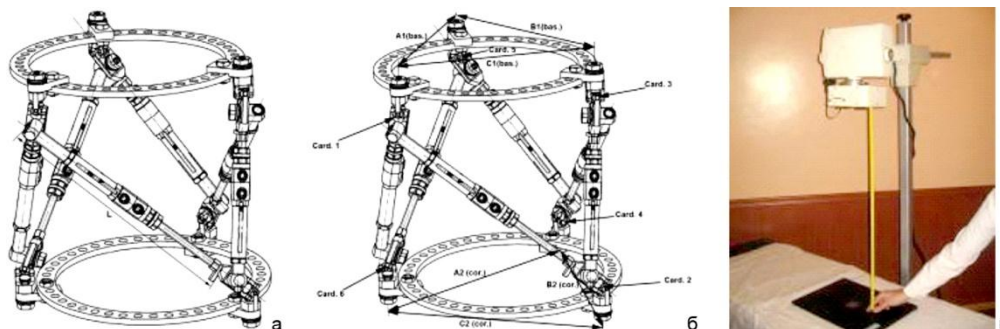


Рис. 8. Параметры, которые необходимо ввести в программу: а – длины страт (6 параметров); б – длины сторон треугольников, образованных точками фиксации страт к опорам (6 параметров); в – фокусное расстояние рентгенограмм, выполненных в прямой и боковой проекциях (2 параметра)

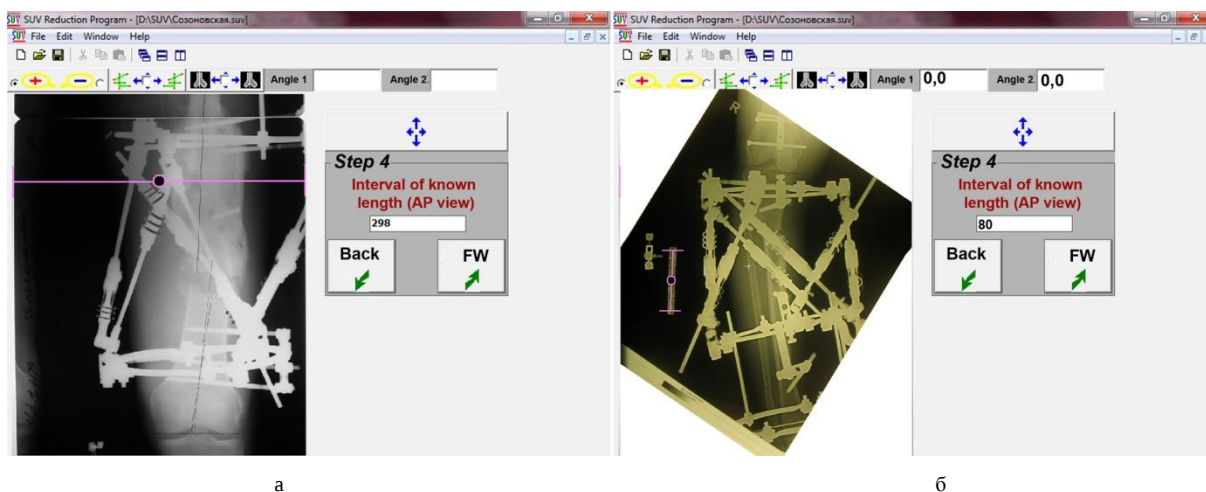


Рис. 9. Шаги 4 и 5. Для масштабирования рентгенограмм используют любой отрезок известной длины; а – для масштабирования использован известный размер аналоговой рентгенограммы; б – для масштабирования использована рентгенконтрастная линейка

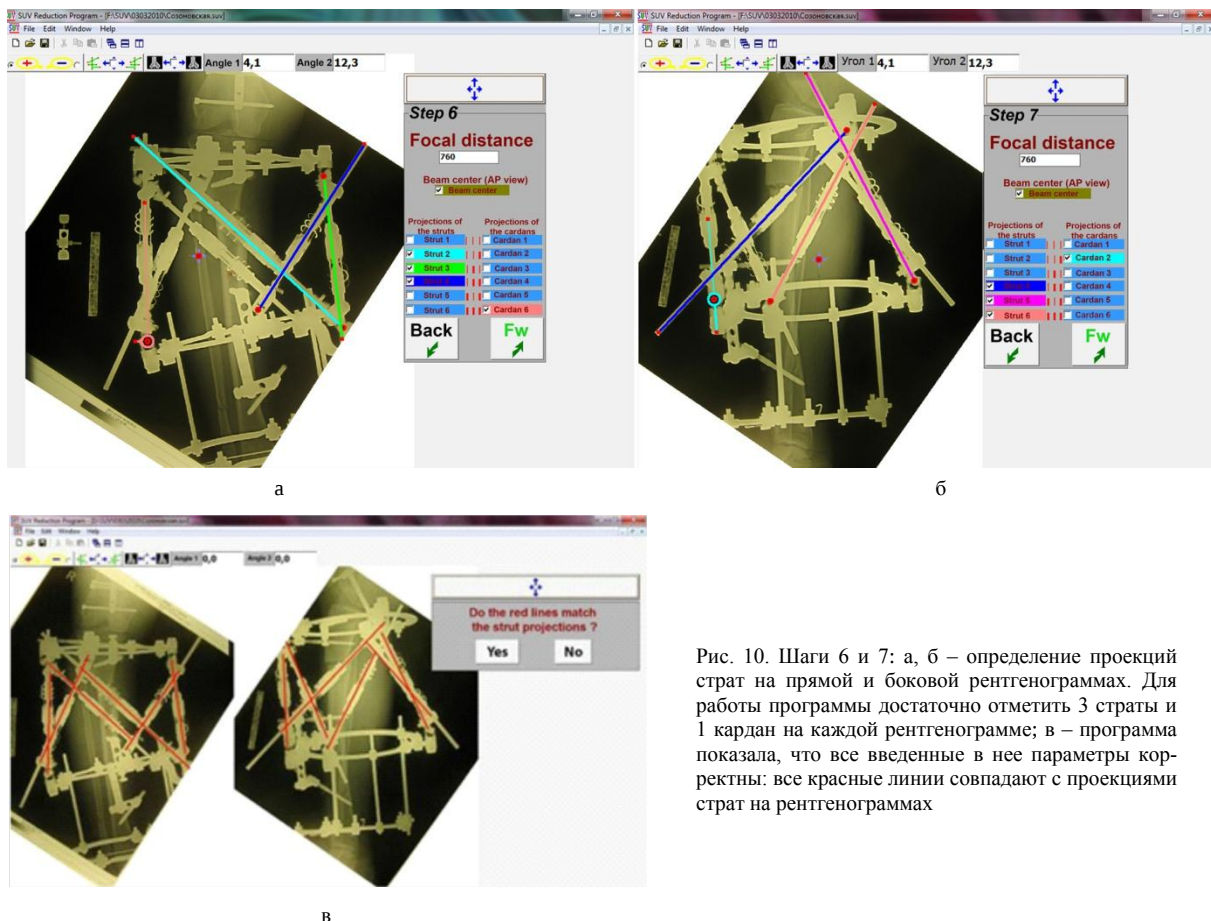


Рис. 10. Шаги 6 и 7: а, б – определение проекций страт на прямой и боковой рентгенограммах. Для работы программы достаточно отметить 3 страты и 1 кардан на каждой рентгенограмме; в – программа показала, что все введенные в нее параметры корректны: все красные линии совпадают с проекциями страт на рентгенограммах

На шаге 8 определяют оси костных фрагментов: анатомические или механические (рис. 11). Шаги 9 и 10 служат для построения скиаграмм перемещаемого костного фрагмента (рис. 12).

На шаге 11 программа на основании всех введенных данных показывает положение перемещаемого костного фрагмента после коррекции (красная скиаграмма). Возможно дополнительное изменение положения костного фрагмента: угловые, ротационные перемещения, компрессия и дистракция. На этом же шаге вводят 2 параметра (“максимальная длина регенерата”, “магистральные сосуды и нервы”), которые используются программой для определения времени, необходимого для коррекции деформации или репозиции перелома. Это позволяет исключить опасность

тракционного повреждения магистральных сосудов и нервов, уменьшить опасность формирования гипопластического регенерата вследствие избыточной величины дистракции (рис. 13).

На шаге 12 программа рассчитывает количество дней, которое требуется для коррекции данной деформации (рис. 14). Хирург по своему усмотрению может изменить темп коррекции (1 мм/сут., 1,5 мм/сут., 0,75 мм/сут. и т.д.). Кроме этого он также может ввести любое произвольное значение количества дней для коррекции деформации. После этого программа рассчитывает изменение длин каждой из страт в 8.00, 12.00, 16.00 и 20.00 часов для каждого дня коррекции деформации (репозиции перелома). Эти рекомендации могут быть распечатаны.

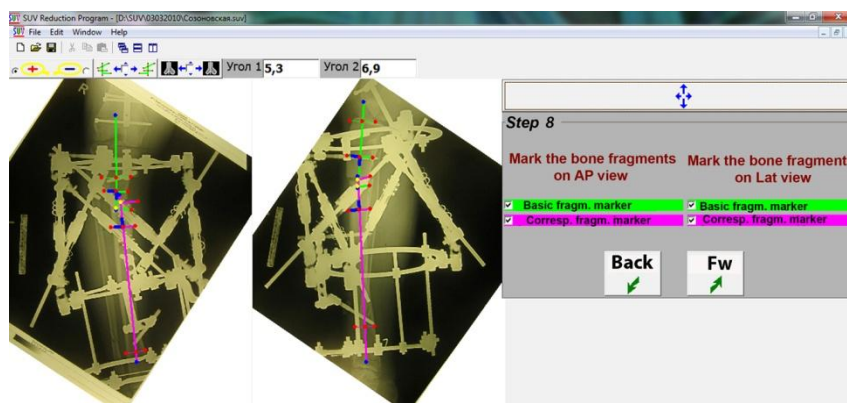


Рис. 11. Шаг 8. Отмечены оси фрагментов на прямой и боковой рентгенограммах

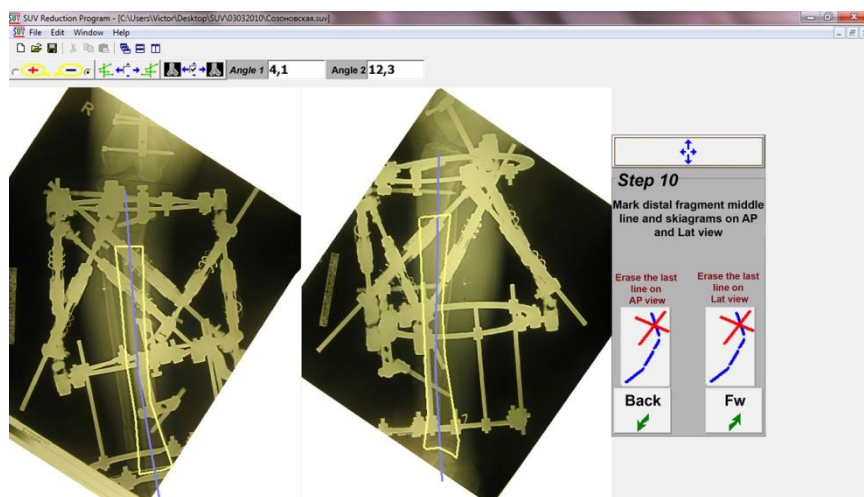


Рис. 12. Шаги 9 и 10. Сделаны скиаграммы перемещаемого фрагмента на прямой и боковой рентгенограммах

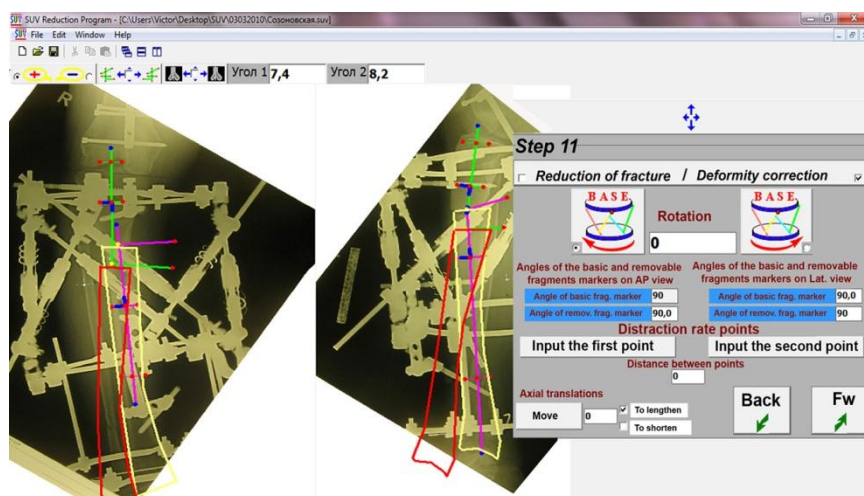


Рис. 13. Шаг 11. Программа на основе введенных данных автоматически определила финальное положение перемещаемого фрагмента (скиаграмма красного цвета). Ортопед может изменить это положение в любой плоскости, в любом направлении

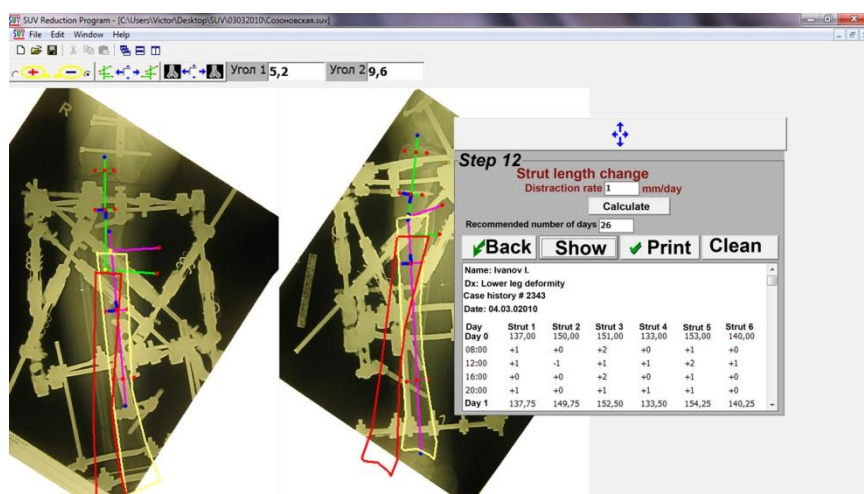


Рис. 14. Шаг 12. Программа рассчитала количество дней коррекции деформации темпом 1 мм/сут. Ортопед может изменить темп и количество дней коррекции и распечатать рекомендации

После коррекции деформации в аппарате Орто-СУВ имеется возможность динамизации для «воспитания регенерата» по Илизарову. Кроме этого, технология применения аппарата Орто-СУВ позволяет использовать принцип «Модульной трансформации» чрескостного аппарата [3]. Это позволяет уменьшить громоздкость аппарата, повысить комфортность лечения для пациента. Кроме этого, особенности проведения чрескостных элементов, использование оригинальных чрескостных элементов

позволяет упростить переход на блокируемый интрамедуллярный остеосинтез (рис. 15).

Аппарат Орто-СУВ апробирован при лечении 98 пациентов: 115 случаев наложений аппарата (данные на январь 2011). В том числе при лечении переломов голени - в 6 случаях, бедра - в 2 случаях, плеча - в 3 случаях, предплечья - в 1 случае, пяточной кости - в 1 случае. При врожденной деформации бедра аппарат применен у 9 пациентов (13 аппаратов); у 3 - с двухуровневой деформацией. При врожденной деформации

голении аппарат Орто-СУВ использовался у 11 пациентов (18 аппаратов), в т.ч. у 3 с двухуровневой деформацией. У 5 пациентов аппарат синхронно использовался на двух голенях. При посттравматической деформации бедра аппарат Орто-СУВ использовался у 27 пациентов (29 аппаратов). В 7 из этих случаев имел место ложный сустав бедренной кости, в 20 случаях – сросшийся в неправильном положении перелом. У 2 пациентов выполнялась двухуровневая коррекция деформации. При посттравматической деформации голени Орто-СУВ использован у 22 пациентов (23 аппарата). В 8 случаях имел место ложный сустав большеберцовой кости, в 14 – сросшийся в неправильном положении перелом. В 1 случае аппараты синхронно исполь-

зованы на двух голенях. При посттравматической деформации предплечья аппарат применен в 4 случаях. При врожденной и посттравматических деформациях стоп аппарат использован в 5 случаях (9 аппаратов). При лечении контрактур коленного сустава аппарат применен у 7 пациентов.

Во всех случаях коррекция деформации (репозиция перелома) была достигнута одноэтапно по “интегральной” траектории, без необходимости частичных перемонтажей аппарата в связи с заменой унифицированных репозиционных узлов, что предусматривает метод Илизарова. В 7 случаях после коррекции деформации выполнялась замена АВФ на интрамедуллярный стержень с блокированием (2 бедра и 5 голеней).



Рис. 15. Возможности после коррекции деформации: а-е – модульная трансформация аппарата; ж, з – смена внешней фиксации на внутреннюю

Осложнения были отмечены в 14 случаях (12,8 %): в большинстве случаев отмечалось воспаление мягких тканей в области чрескостных элементов (6 случаев), которое было купировано и не отразилось на конечном результате лечения. В 3 случаях имел место перелом чре-

скостных элементов. В 2 случаях случился рецидив остеомиелита бедренной кости. В 2 случаях произошла вторичная деформация после демонтажа АВФ. В 1 случае сформировался атрофический регенерат бедренной кости.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Металлоконструкция и компьютерная программа аппарата Орто-СУВ имеют существенные преимущества перед аналогами. Лучшие репозиционные возможности выявлены в аппарате Илизарова и аппарате Орто-СУВ. После устранения люфта жесткость остеосинтеза гексаподами и аппаратом Илизарова практически идентична.

При лечении переломов применение гексаподов, как и других аппаратов внешней фиксации, является методом выбора. По сравнению с аппаратом Илизарова гексаподы имеют существенные преимущества при коррекции сложных

деформаций средней степени тяжести. При простых деформациях применение аппарата Орто-СУВ целесообразно в тех случаях, когда их компонентом является торсия.

Таким образом, на сегодняшний день можно утверждать, что ортопед, в сфере интересов которого находится коррекция деформаций, должен иметь в своем арсенале чрескостный аппарат, работа которого основана на компьютерной навигации, поскольку использование гексаподов позволяет на новом качественном уровне использовать внешнюю фиксацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соломин Л. Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова : монография. - СПб. : ООО «МОРСАВ АВ», 2005. – 544 с. URL: http://miito.org/solomin/download/monogr_cef.pdf
2. Орто-СУВ аппарат. URL: <http://www.miito.org/download/ortho-suv-frame-rus.pdf>
3. Solomin L. N., Vilensky V. A. Practical Classification of long bone deformities // 5th Meeting of the ASAMI International. Program and Abstract Book. St. Petersburg, 2008. P. 339. URL: (http://miito.org/solomin/defor_class_rus.jpg)
4. Taylor J. C. A new look at deformity correction. Distraction. // The Newsletter of ASAMI-North America. 1997. Vol. 5, No 1. P. 204-209.
5. Seide K., Wolter D., Kortmann H. R. Fracture reduction and deformity correction with the hexapod Ilizarov fixator // Clin Orthop. 1999. № 6. P. 186-195.
6. Атлас рекомендуемых позиций для проведения чрескостных элементов. URL: <http://miito.org/solomin/download/atlas-rus.zip>
7. Method of Unified Designation of External Fixation. URL: <http://miito.org/solomin/download/mundef.zip>
8. 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 // Гений ортопедии. 2009. №1. С. 5-10.
9. Solomin L. N., Terrell W., Odessky J. Multifactorial comparative analysis of Ilizarov apparatus and external fixation devices on the base of computer navigation (Taylor Spatial Frame, Ilizarov Hexapod Apparatus, SUV-Frame) // 5th Meeting of the ASAMI International : program and abstr. book. St. Petersburg, 2008. P. 52.
10. Соломин Л. Н., Утехин А. И., Террел В. Сравнительный анализ жесткости остеосинтеза, обеспечиваемой чрескостными аппаратами, работающими на основе компьютерной навигации и аппарата Илизарова // Травматология и ортопедия России. 2009. № 2. С. 20-25.

Рукопись поступила 31.03.11.

Сведения об авторах:

1. Соломин Леонид Николаевич – ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздравсоцразвития РФ, г. Санкт-Петербург, ведущий научный сотрудник, д.м.н.;
2. Утехин Александр Игоревич – ООО «Орто-СУВ», г. Санкт-Петербург, инженер-консультант;
3. Виленский Виктор Александрович – ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздравсоцразвития РФ, г. Санкт-Петербург, научный сотрудник, к.м.н.