

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПОНОВКИ АППАРАТА ОРТО-СУВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ДИСТАЛЬНОЙ ТРЕТИ ДИАФИЗА БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Л.Н. Соломин¹, П.В. Скоморошко¹, В.А. Виленский¹, А.И. Утехин²

¹ ФГУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена» Минздрава России, директор – д.м.н. профессор Р.М. Тихилов

² ООО «Орто-СУВ», исп. директор – М.О. Павлов Санкт-Петербург

Для разработки оптимальной компоновки основанного на компьютерной навигации аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций дистальной трети диафиза бедренной кости, которая бы отвечала требованиям максимально возможного перемещения костных фрагментов при минимальных габаритах конструкции было выполнено 360 стендовых исследований на 12 моделях. Исследовали зависимость репозиционных возможностей (поперечное, угловое перемещение, торсия) аппарата Орто-СУВ от расстояния между внешними опорами, мест фиксации страт на опорах и использования Z-образных платиков для крепления страт. Установлено, что целесообразно использовать опоры, составляющие 3/4 кольца. Дистальная внешняя опора должна располагаться на уровне VII, проксимальная на расстоянии 150-200 мм от нее. Для фиксации страты 1 на проксимальной опоре следует использовать позицию 2, для страты 3 – место между позициями 5 и 6, для страты 5 – позицию 10; для фиксации страты 2 на дистальной опоре необходимо использовать позицию 4, для страты 4 – позицию 8, для страты 6 – позицию 12. Использование для крепления страт 1 и 5 Z-образных платиков дополнительно повышает репозиционные возможности аппарата в среднем на 11,4-25,5%. Использование модульной трансформации аппарата позволяет уменьшить габариты конструкции после коррекции деформации.

Ключевые слова: чрескостный остеосинтез, компьютерная навигация, репозиция переломов, коррекция деформаций.

OPTIMIZATION OF THE ORTHO-SUV FRAME ASSEMBLY FOR CORRECTION OF THE DISTAL FEMUR DEFORMITIES

L.N. Solomin, P.V. Skomoroshko, V.A. Vilensky, A.I. Utekhin

The aim of the study was to investigate optimal assembly of the computer assisted Ortho-SUV Frame for correction of the distal femur deformities which will provide the maximal bone fragments mutual movements and have the minimal assembly sizes. For it 360 bench tests on 12 model was performed. The dependence of the Ortho-SUV Frame reduction capabilities (translation, angulation, torsion) and distance between supports, places of struts fixation and use of Z-shaped plates for struts fixation was investigated. It is found that in Ortho-SUV assembling to provide the necessary requirements 3/4 ring supports is reasonable. Distal support should be placed at the level VII, proximal at the distance 150–200 mm higher. For fixation of the strut 1 to the proximal support position 2 should be used, for the strut 3 – the place between position 5 and 6, for strut 5 – position 10; for fixation of the strut 2 to the distal support position 4 should be used, for fixation of the strut 4 – position 8, for strut 6 – position 12. Use of the Z-shaped plates in fixation of strut 1 and 5 increases the reduction capabilities on 11.4–25.5% in average. Use of modular transformation of the frame allows decreasing the bulkiness of the frame after deformity correction. Investigated assembly was applied in treatment of 14 patients. In all the cases the aim of Ortho-SUV frame use (deformity correction) was reached.

Key words: external fixation, computer navigation, deformity correction.

Введение

Аппарат Илизарова при коррекции деформаций дистальной трети бедренной кости успешно применяется на протяжении нескольких десятилетий. В нем каждый компонент деформации устраняется при помощи унифицированных узлов, которые детально разработаны в РНЦ «ВТО» имени акад. Г.А. Илизарова [1, 2]. Вместе с тем, его использование является достаточно сложным и трудоемким, требует специальных навыков и большого опыта хирурга. При коррекции де-

формаций длинных костей (и бедренной кости в частности) метод Илизарова имеет следующие недостатки:

- необходимость частичных перемонтажей аппарата при устранении многоплоскостных многокомпонентных деформаций в связи с заменой унифицированных узлов [3, 12], что повышает трудозатраты, увеличивает время пребывания больного в стационаре или количество амбулаторных визитов;

- при устранении каждого компонента деформации необходим рентгенологический кон-

троль, что повышает лучевую нагрузку на пациента и медицинский персонал;

– относительная громоздкость используемых конструкций.

Известен чрескостный аппарат Орто-СУВ, работающий на основе пассивной компьютерной навигации [4] (рис. 1). Аппарат Орто-СУВ относится к так называемым гексаподам [11], в которых две опоры соединены между собой шестью телескопическими стержнями специальной конструкции (стратами). Изменение длины каждой из страт обеспечивает перемещение одной опоры относительно другой в шести степенях свободы. Применительно к рассматриваемой теме компьютерная программа аппарата Орто-СУВ позволяет рассчитать любую траекторию перемещения одной опоры аппарата относительно другой, а конструкция аппарата – обеспечить в клинике математически точное перемещение опор и, соответственно, перемещение закрепленных в опорах костных фрагментов [9].

Аппарат с успехом применен при лечении переломов и деформаций длинных костей [10]. Однако оказалось, что применение аппарата Орто-СУВ при коррекции деформаций дистальной трети бедренной кости имеет ряд недостатков.

1. Расположение опор на не оптимальном расстоянии, фиксация страт не в оптимальных позициях может привести к невозможности выполнить коррекцию деформации дистальной трети бедренной кости на необходимую величину. Кроме этого, повышается опасность воз-

никновения конфликта «страта – чрескостный элемент», при котором страта при изменении ее положения во время коррекции «упирается» в спицу или стержень-шуруп.

2. Относительная громоздкость аппарата, использование замкнутых внешних опор уменьшает комфортность лечения пациентов, может привести к возникновению контрактуры в коленном суставе.

В связи с вышеизложенным **целью** настоящего исследования было обосновать оптимальную компоновку аппарата Орто-СУВ для коррекции деформаций дистальной трети диафиза бедренной кости, которая имела бы максимальные репозиционные возможности при минимальных габаритах конструкции.

Материал и методы

Исследование проводилось на 12 моделях аппарата Орто-СУВ, компоновка которого была адаптирована для нижней трети диафиза бедренной кости на основе «метода компоновок аппаратов для чрескостного остеосинтеза» [5]. В моделях варьировали места фиксации страт к опорам и расстояние между опорами аппарата. Проведено по 30 серий экспериментов с каждой из тестируемых моделей, всего 360 тестов. Все полученные в ходе исследования результаты подвергались статистическому анализу. Вычислялись статистические величины: среднее арифметическое значение (M), максимальное и минимальное значения изучаемого параметра, стандартное (квадратичное) отклонение (σ), средняя ошибка (m).

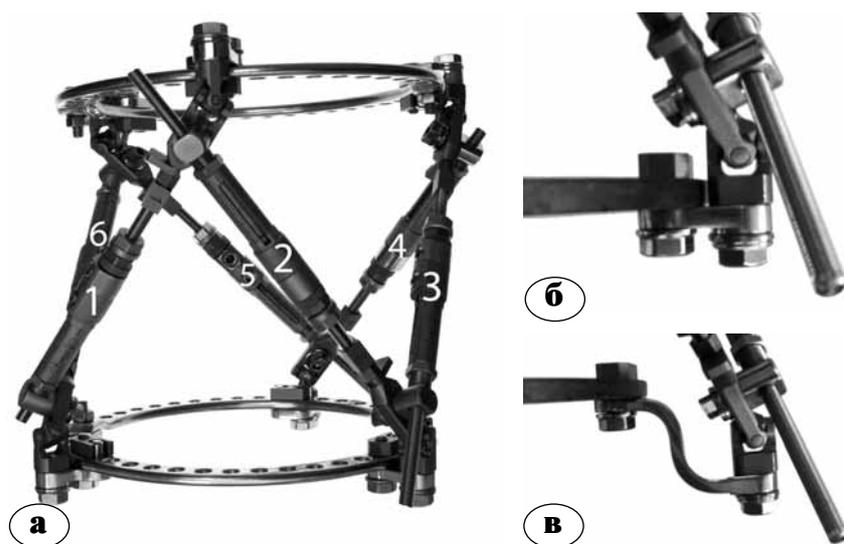


Рис. 1. Аппарат Орто-СУВ: а, б – указаны номера страт, страты соединены с опорами при помощи прямых платиков; в – узел соединения страты с опорой при помощи Z-образного платика

Чрескостные элементы во всех случаях проводили только в проекции «рекомендуемых позиций». Это позволяет не только уменьшить опасность возникновения трансфиксационных контрактур, но и избежать конфликта страта – чрескостный элемент, поскольку расположение «рекомендуемых позиций» строго регламентировано согласно «Методу унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза» [6, 7]. В качестве костей использовали пластиковые имитаторы, мягкие ткани моделировали из поролоновых дисков. Использовали опоры 3/4 кольца, которые ориентировали так, чтобы проксимальная опора была разомкнута с внутренней стороны бедра, а дистальная – сзади. Исходная компоновка аппарата при расстоянии между опорами в 200 мм выглядела следующим образом (рис. 2 а):

III.10,120; IV.9,90; V.8,70 --страты-- VI.8,90; VII.3-9; VIII.4,90
 $\frac{3}{4}$ 220 $\frac{3}{4}$ 180

При расстоянии в 150 мм и 120 мм использовалась компоновка:

VI.10,120; IV.9,90; V.8,70 --страты-- VI.8,90; VII.3-9; VIII.4,90
 $\frac{3}{4}$ 220 $\frac{3}{4}$ 180

Систему координат «Метода унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза» использовали и для обозначения мест фиксации страт к опорам. В ходе выполнения эксперимента в собранных моделях исследовали возможную величину смещения дистального

костного фрагмента относительно проксимального при моделировании трансляции (смещение кнаружи, кнутри, кпереди, кзади), ангуляции (варус, вальгус, антекурвация, рекурвация) и торсии (кнаружи и кнутри). Приращение смещения прекращали тогда, когда любая из страт касалась мягких тканей (рис. 2).

На первом этапе исследования изучали зависимость репозиционных возможностей аппарата от выбора различных позиций фиксации страт к опорам. На втором этапе определяли, какое из трех выбранных расстояний между опорами (120, 150 и 200 мм) обеспечивает наилучшие репозиционные характеристики аппарата Орто-СУВ. С учетом особенностей выполнения чрескостного остеосинтеза бедренной кости дистальную опору всегда устанавливали на уровне VII. После этого обосновывали наиболее рациональные позиции для крепления страт к опорам при помощи Z-образных платиков. Последним этапом разрабатывали оптимальный вариант модульной трансформации аппарата [7].

Результаты и обсуждение

Лучшие репозиционные возможности обеспечивает аппарат, в котором на проксимальной опоре страта 1 фиксирована в позиции 2, страта 3 – между позициями 5 и 6, страта 5 – в позиции 10. На дистальной опоре для лучшей репозиции страта 2 должна быть фиксирована в позиции 4, страта 4 – в позиция 8, страта 6 – в позиция 12 (табл. 1).

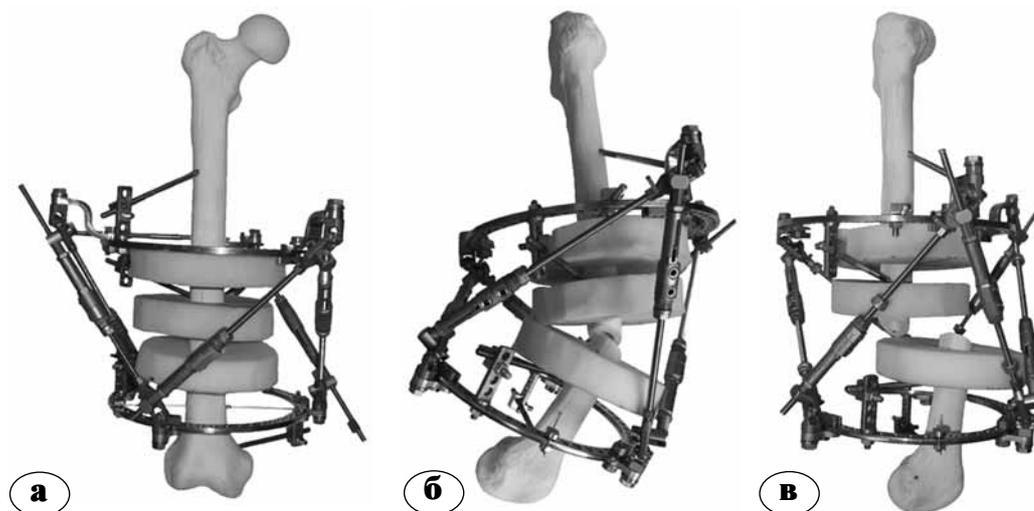


Рис. 2. Экспериментальное определение оптимальной компоновки аппарата Орто-СУВ для дистальной трети диафиза бедренной кости: а – исходное положение костных фрагментов; б – моделирование угловой деформации; в – моделирование поперечного смещения

Таблица 1

Репозиционные возможности аппарата Орто-СУВ в зависимости от позиций фиксации страт к опорам, мм

Перемещение	Компоновка				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Плоскопараллельное перемещение в сагиттальной плоскости кпереди/кзади	45,9+0,4/ 59,9+0,4	55+0,3/ 60,1+0,4	65,9+0,4/ 69,8+0,6	70,2+0,4/ 94+0,5	67+0,4/ 85+0,6
Плоскопараллельное перемещение во фронтальной плоскости кнутри/кнаружи	85,5+0,2/ 66+0,6	40+0,3/ 40,5+0,4	85+0,5/ 59,9+0,4	67,9+0,3/ 45+0,3	67,9+0,4/ 45+0,5
Угловое перемещение во фронтальной плоскости варус/вальгус	37+0,2/ 34,9+0,2	20+0,2/ 41,9+0,2	35+0,3/ 35+0,2	37,1+0,2/ 35+0,3	35+0,2/ 44+0,4
Угловое перемещение в сагиттальной плоскости антекурвация/рекурвация	34+0,3/ 40+0,2	35+0,3/ 10+0,4	34,9+0,2/ 40+0,2	35+0,4/ 25+0,2	34+0,2/ 25+0,3
Ротация внутренняя/наружная	27+0,2/ 30+0,2	10+0,2/ 25+0,2	26,9+0,2/ 29,5+0,2	10+0,2/ 23+0,2	14+0,3/ 29,9+0,2

Примечание:

Компоновка № 1: страта № 1 в позиции 2, страта № 2 в позиции 4, страта № 3 в позиции 6, страта № 4 в позиции 8, страта № 5 в позиции 10, страта № 6 в позиции 12.

Компоновка № 2: страта № 1 в позиции 2, страта № 2 в позиции 4, страта № 3 в позиции 6, страта № 4 в позиции 8, страта № 5 между позициями 10 и 11, страта № 6 в позиции 1.

Компоновка № 3: страта № 1 в позиции 2, страта № 2 в позиции 4, страта № 3 между позициями 5 и 6, страта № 4 в позиции 8, страта № 5 в позиции 10, страта № 6 в позиции 12.

Компоновка № 4: страта № 1 в позиции 2, страта № 2 в позиции 4, страта № 3 в позиции 5, страта № 4 в позиции 8, страта № 5 между позициями 10 и 11, страта № 6 в позиции 12.

Компоновка № 5: страта № 1 в позиции 2, страта № 2 в позиции 4, страта № 3 в позиции 5, страта № 4 в позиции 8, страта № 5 между позициями 10 и 11, страта № 6 между позициями 1 и 12.

Данные, полученные в результате второй серии экспериментов, показывают, что добиться максимального перемещения костных фрагментов позволяют компоновки с расстоянием в 150 и 200 мм. Вместе с этим, компоновка с расстоянием 200 мм является довольно громоздкой. Таким образом, оптимальной компоновкой является компоновка с расстоянием между опорами в 150 мм (табл. 2).

В таблице 3 представлены результаты эксперимента, когда в компоновках, определенных лучшими на основании первых двух этапов исследования, фиксация некоторых страт к опорам при помощи прямых плати-

ков поочередно заменялась на фиксацию Z-образными платиками. Для фиксации страты № 2 и страты № 3 Z-образные платики не использовались, так как в этих позициях они создали бы значительный дискомфорт для пациента, затрудняя движения в тазобедренном суставе.

Таким образом, было установлено, что наибольшее увеличение репозиционных возможностей компоновки можно добиться заменой прямых платиков Z-образными для страт № 1 и № 5. Это дополнение к компоновке позволяет увеличить репозиционные возможности аппарата в среднем на 11,4–25,5%.

Таблица 2

Репозиционные возможности аппарата Орто-СУВ в зависимости от расстояния между опорами, мм

Перемещение	Расстояние		
	120 мм	150 мм	200 мм
Плоскопараллельное перемещение в сагиттальной плоскости кпереди/кзади	55,1+0,5/54+0,4	66+0,4/69,9+0,2	69,9+0,5/55+0,7
Плоскопараллельное перемещение во фронтальной плоскости кнутри/кнаружи	22,8+0,2/25+0,4	85+0,3/59+0,4	43+0,3/55,3+0,4
Угловое перемещение во фронтальной плоскости варус/вальгус	27+0,2/27+0,3	36+0,2/34+0,2	34,7+0,2/37,9+0,3
Угловое перемещение в сагиттальной плоскости антекурвация/рекурвация	17+0,2/25+0,3	35+0,3/40+0,2	49,9+0,3/45+0,3
Ротация внутренняя/наружная	10+0,3/15+0,2	25+0,3/30+0,2	27,9+0,2/47+0,3

Репозиционные возможности при замене прямых пластиков на Z-образные

Перемещение	Z-пластик			
	№ 1	№ 4	№ 5	№ 6
Плоскопараллельное перемещение в сагиттальной плоскости кпереди/кзади	79,9+0,3/ 50,5+0,3	80+0,2/ 50,3+0,3	68,1+0,2/ 65,2+0,6	61,4+0,3/ 64,8+0,4
Плоскопараллельное перемещение во фронтальной плоскости кнутри/кнаружи	110,2+0,5/ 80,5+0,4	70,2+0,4/ 80+0,4	74,3+0,4/ 90+0,5	4,1+0,5/ 70+0,6
Угловое перемещение во фронтальной плоскости варус/вальгус	42,8+0,2/ 20,2+0,4	34,5+0,2/ 40,3+0,3	37,7+0,2/ 50,3+0,5	30,2+0,3/ 24,7+0,2
Угловое перемещение в сагиттальной плоскости антекурвация/рекурвация	36,9+0,2/ 39,8+0,3	38+0,2/ 40,5+0,4	30+0,2/ 42,2+0,2	36,8+0,2/ 35,2+0,3
Ротация внутренняя/наружная	30+0,2/ 31,9+0,2	16+0,2/ 12,7+0,2	43,4+0,3/ 38+0,2	28,4+0,3/ 37,7+0,2

Компоновка аппарата, разработанная на основании всех трех этапов экспериментальной работы, представлена на рисунке 3. Она апробирована при лечении 14 пациентов. Причиной деформаций у 8 (57%) пациентов были неправильно сросшиеся переломы, у 4 (29%) – ложные суставы, у 2 (14%) – врожденная патология. Согласно классификации деформаций, разработанной в РНИИТО им. Р.Р. Вредена [8], деформаций средней степени (одно-, двух- и трехплоскостных – двух- и трехкомпонентных) было 4 (29%), сложных (двух- и трехплоскостных многокомпонентных) – 10 (71%).

Цель применения аппарата Орто-СУВ (коррекция деформации) была достигнута во всех случаях.

Клинический пример.

Больная Б., 57 лет, госпитализирована 11.05.2010 в клинику РНИИТО им. Р.Р. Вредена с диагнозом: вторичная деформация на уровне дистракционного регенерата дистальной трети диафиза левой бедренной кости. 18.02.2010 по поводу травматической деформации левой бедренной кости выполнена кортикотомия с остеоклазией на высоте деформации, наложен аппарат Илизарова в комбинированной («спице-стержневой») компоновке. В течение 3 месяцев выполнялась дистракция на уровне остеотомии в темпе 0,75 мм/сут. На контрольном осмотре диагностирована деформация на уровне регенерата. 12.05.2010 выполнено наложение аппарата Орто-СУВ. Деформация была устранена в течение 14 суток; начат период фиксации (рис. 4).

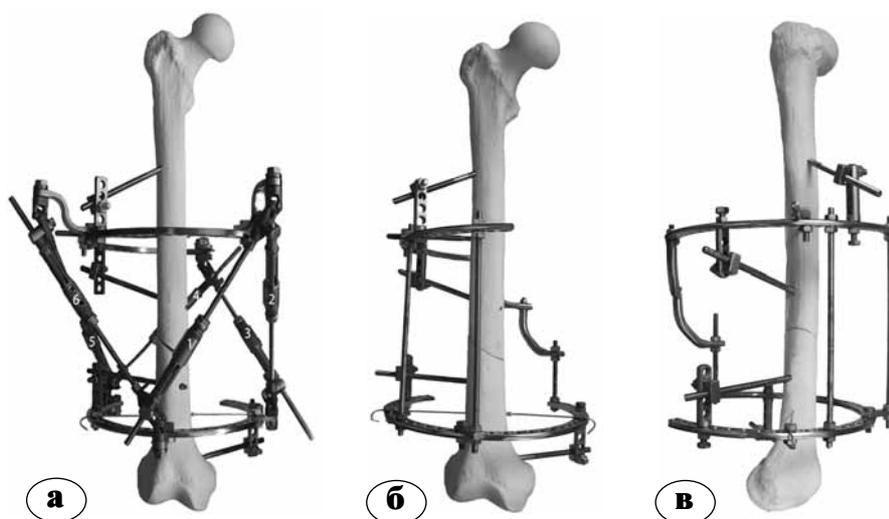


Рис. 3. Компоновка аппарата Орто-СУВ для дистальной трети диафиза бедренной кости, обеспечивающая максимальные репозиционные возможности: а – цифрами указаны номера страт; б, в – модульная трансформация аппарата

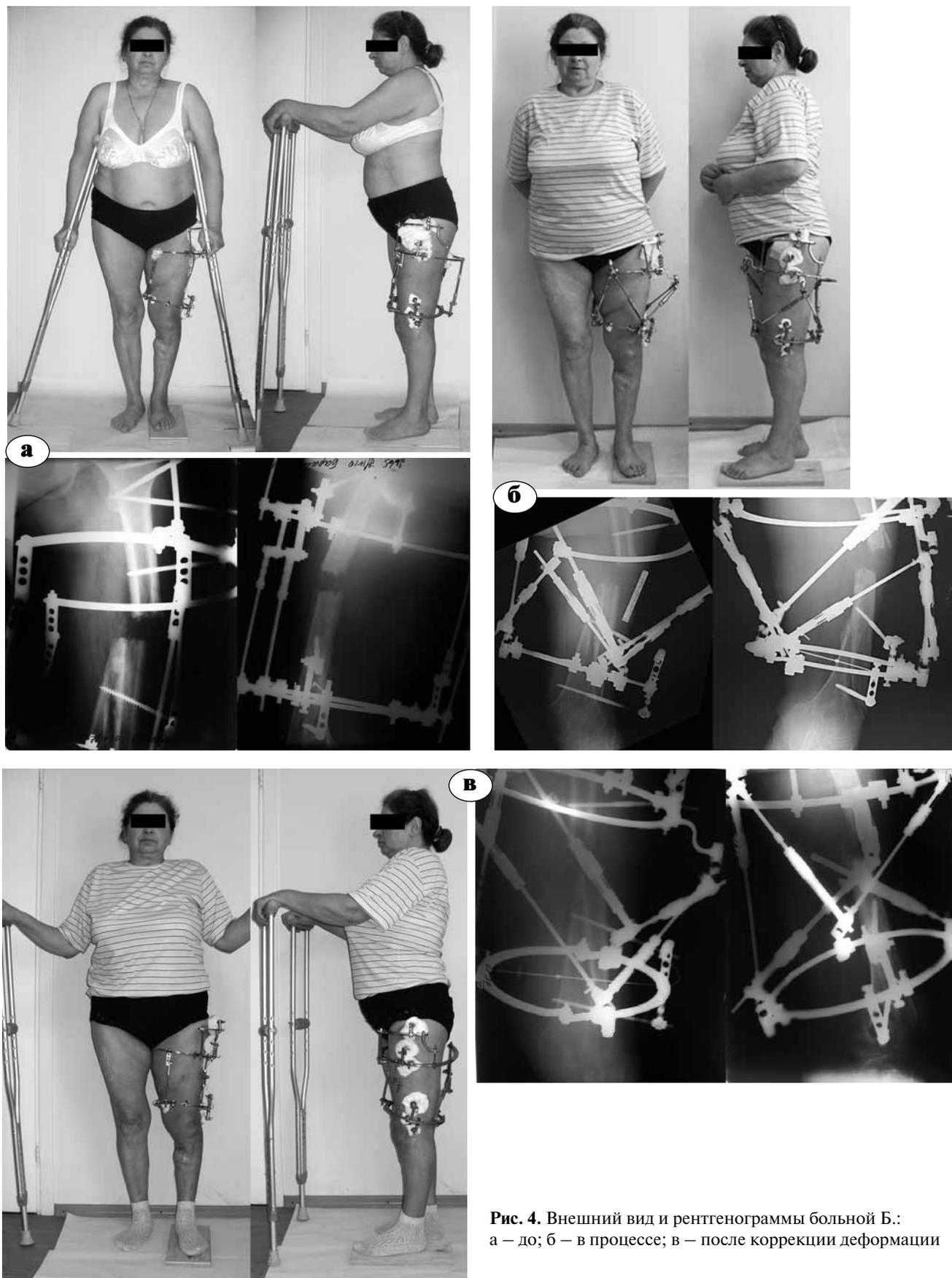


Рис. 4. Внешний вид и рентгенограммы больной Б.: а – до; б – в процессе; в – после коррекции деформации

Выводы

1. Для достижения максимальных репозиционных возможностей аппарата Орто-СУВ при коррекции деформаций дистального отдела бедренной кости дистальную опору необходимо располагать на уровне VII, проксимальную – на расстоянии 150–200 мм от нее.

2. Положения крепления страт должны быть на проксимальной опоре для страты 1 – позиция 2, для страты 3 – между позициями 5 и 6, для страты 5 – позиция 10; на дистальной опоре для страты 2 – позиция 4, для страты 4 – позиция 8, для страты 6 – позиция 12.

3. Использование Z-образных платиков для крепления страт 1 и 5 позволяет дополнительно увеличить репозиционные возможности в среднем на 11,4–25,5%.

Литература

1. А.с. 538710 СССР. Компрессионно-дистракционный аппарат / Илизаров Г.А. // Б.И. – 1976, № 6.
2. Бескровное лечение ложных суставов бедра (компрессионно-дистракционный остеосинтез аппаратом Илизарова) : методические рекомендации / сост. Г.А. Илизаров, В.Д. Макушин, Л.М. Куфтырев. – Курган, 1975. – 21 с.
3. Виленский, В.А. Разработка основ новой технологии лечения пациентов с диафизарными повреждениями длинных костей на базе чрескостного аппарата со свойствами пассивной компьютерной навигации : дис. ... канд. мед. наук / Виленский Виктор Александрович. – СПб., 2009. – 284 с.
4. Использование чрескостного аппарата на основе компьютерной навигации при лечении пациентов с переломами и деформациями длинных трубчатых костей : мед. технология № ФС-2009/397 от 10.12.2009 / сост. Л.Н. Соломин [и др.]. – СПб., 2010. – 48 с. (<http://www.miiito.org/download/ortho-suv-frame-rus.pdf>).
5. Метод компоновок аппаратов для чрескостного остеосинтеза : мед. технология № ФС-2009/120 от 01.06.2009 / сост. Л.Н. Соломин [и др.]. – СПб., 2010. – 28 с.
6. Метод унифицированного обозначения чрескостного остеосинтеза длинных костей : метод. рекомендации № 2002/134 / сост. Л.Н. Соломин [и др.]. – СПб., 2004. – 21 с. (<http://miiito.org/solomin/download/mudef.zip>).
7. Соломин, Л.Н. Основы чрескостного остеосинтеза аппаратом Г.А. Илизарова / Л.Н. Соломин. – СПб. : Морсар АВ, 2005. – 544 с.
8. Соломин, Л.Н. Практическая классификация деформаций длинных трубчатых костей / Л.Н. Соломин, В.А. Виленский // Травматология и ортопедия России. – 2008. – № 3 (приложение). – С. 44 http://www.miiito.org/solomin/defor_class_rus.jpg
9. Соломин, Л.Н. Сравнительный анализ клинического применения гексаподов и аппарата Илизарова при коррекции деформаций длинных костей / Л.Н. Соломин, В.А. Виленский, А.И. Утехин // Тезисы докладов XIV Российского национального конгресса «Человек и его здоровье». – СПб., 2009. – С. 63–64.
10. Соломин, Л.Н. Особенности коррекции деформаций длинных костей с использованием основанного на компьютерной навигации аппарата «Орто-СУВ» / Л.Н. Соломин, А.И. Утехин, В.А. Виленский // Материалы всерос. конференции «Илизаровские чтения». – Курган, 2010. – С. 331–333.
11. Bonev, I. The true origins of parallel robots <http://www.parallemic.org/Reviews/Review007p.html>, January 24, 2003
12. Paley, D. Principles of deformity correction / D. Paley. – New York : Springer-Verlag, 2005. – 806 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Соломин Леонид Николаевич – д.м.н. профессор, ведущий научный сотрудник ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена»

Минздравсоцразвития России

E-mail: solomin.leonid@gmail.com;

Скоморошко Петр Васильевич – клинический ординатор ФГУ «РНИИТО им. Р.Р. Вредена» Минздравсоцразвития России

E-mail: skomoroshko.petr@gmail.com;

Виленский Виктор Александрович – к.м.н. научный сотрудник отделения лечения травм и их последствий ФГУ «РНИИТО

им. Р.Р. Вредена» Минздравсоцразвития России;

Утехин Александр Игоревич – технический консультант ООО «Орто-СУВ»

E-mail: utechin@mail.ru.