

© Коллектив авторов, 1999

А.И. Городниченко, Н.С. Гаврюшенко,
М.Е. Казаков, В.М. Керничанский

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАБИЛЬНОСТИ ФИКСАЦИИ НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

Медицинский центр Управления делами Президента РФ, Центральный институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва; Научно-производственное объединение «УВИКОМ», Мытищи Московской области

В испытательной лаборатории ЦИТО проведена оценка стабильности фиксации 5 моделей современных аппаратов для чрескостного остеосинтеза в условиях оскольчатого перелома. Определялась жесткость аппаратов при сжатии, кручении, фронтальном и сагиттальном изгибах. Наибольшее смещение отломков во всех аппаратах отмечено в сагиттальной плоскости. Наибольшая стабильность фиксации во всех плоскостях при прочих равных условиях получена при использовании аппарата РАПФИС. Конструктивная особенность этого аппарата позволяет дополнительно повысить стабильность фиксации за счет введения стержней в костные отломки под углом и уменьшения расстояния кость—фиксатор (консоль), что в совокупности увеличивает прочность фиксации почти в 3 раза.

Общеизвестно, что применению аппаратов внешней фиксации в клинике предшествует период их технических испытаний. В нашей стране при обилии аппаратов для чрескостного остеосинтеза различных конструкций сопоставить результаты таких испытаний трудно, поскольку методики их проведения в большинстве своем являются продуктом творчества самого автора. По той же причине в отечественной литературе невозможно получить данные, позволяющие оценить те или иные механические свойства различных аппаратов. В зарубежной литературе этому вопросу уделяется больше внимания. Так, опубликован ряд статей, посвященных испытаниям прочностных свойств зарубежных аппаратов для чрескостного остеосинтеза, наиболее известных в мировой травматологии и ортопедии [1–3, 5]. Пробел в этой области отечественного аппаратостроения затрудняет создание новых и совершенствование имеющихся конструкций.

Целью проведенных нами технических испытаний была сравнительная оценка стабильности фиксации костных отломков некоторы-

ми современными аппаратами для чрескостного остеосинтеза (5 моделей) путем определения их жесткости при нагрузках в различных плоскостях. Испытания выполнялись по единой методике в испытательной лаборатории ЦИТО.

Материал и методы

Имитатор кости. В качестве «кости» использовали трубки из алюминиевого сплава АМг по ГОСТ 18482–79Е. Диаметр трубки 20 мм, толщина стенки 3 мм. Расстояние между проксимальной и дистальной трубками равнялось 10 мм, что эквивалентно оскольчатому перелому бедренной кости с отсутствием межфрагментарных связей. Расстояние между ближайшими к перелому стержнями составляло для всех аппаратов 120 мм, расстояние между ближайшими стержнями в одном фрагменте — 40 мм, а в случае аппарата Илизарова между ближайшими кольцами в одном фрагменте — 80 мм (рис. 1). После применения аппарата внешней фиксации на имитаторе кости проксимальный и дистальный концы последнего жестко фиксировали вертикально в тест-системе.

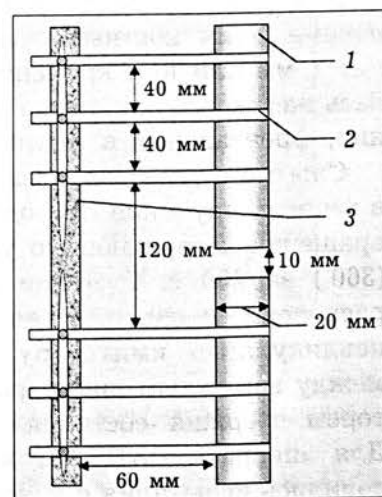
Аппараты внешней фиксации. Проведена оценка стабильности фиксации 5 моделей аппаратов для чрескостного остеосинтеза:

1) репозиционный аппарат с «плавающими» фиксаторами стержней РАПФИС, ТУ 9438–005–18070047–99, конструкции М.Е. Казакова, В.М. Керничанского и А.И. Городниченко. В испытаниях использовали углепластиковые планки аппарата длиной 300 мм, 6 гладких стержней диаметром 6 мм по 3 в проксимальный и дистальный фрагменты;

2) стержневой компрессионно-дистракционный аппарат МКЦ–01, ТУ 9438–639–01894927–

Рис. 1. Условия испытаний стержневых аппаратов на имитаторе кости.

1 — имитатор кости; 2 — стержень; 3 — аппарат внешней фиксации.



93, конструкции О.А. Малахова, О.В. Кожевникова и В.Е. Цуканова. Аппарат использовали с несущим стержнем размером 12 × 300 мм и 6 стержнями диаметром 6 мм по 3 в каждый фрагмент;

3) стержневой аппарат конструкции В.В. Фурдюка. Применяли аппарат с рамкой размером 40 × 378 мм и 6 резьбовыми стержнями диаметром 6 мм по 3 в проксимальный и дистальный фрагменты;

4) спицестержневой аппарат типа Г.А. Илизарова, ТУ 9438-149-01894927-99. Использовали аппарат, состоящий из 4 колец диаметром 200 мм, 4 стержней диаметром 6 мм (по 2 на кольцо), введенных в разных плоскостях, и 4 спиц диаметром 2 мм, проведенных с силой натяжения 110 Н. Угол пересечения проксимальных спиц равнялся 34°, дистальных — 68°;

5) стержневой аппарат АО (Synthes, Швейцария). Применяли стандартную модель с одной трубкой длиной 300 мм и 6 гладкими стержнями диаметром 6 мм по 3 в каждый фрагмент.

Условия испытания. Все испытанные аппараты внешней фиксации предназначены для открытой и закрытой репозиции и фиксации отломков костей. Испытания проводились на универсальной испытательной машине «Zwick-1464». Измерительный диапазон машины составлял при сжатии и изгибе от 0 до 50 кН, при кручении — от 0 до 200 Н·м. Машина позволяет варьировать скорости нагружения и регистрировать полученные результаты графически. В эксперименте были использованы специальные приспособления, позволяющие располагать аппараты в пространстве в нужном положении.

Характеристики аппаратов внешней фиксации определялись понятием «жесткости», выражаемой в ньютонах на 1 мм и показывающей усилие (в ньютонах), необходимое для перемещения костных отломков на расстояние 1 мм или при кручении на 1°. Определялась жесткость аппаратов при сжатии, кручении, фронтальном и сагиттальном изгибах.

Сжатие осуществлялось со скоростью 5 мм в минуту, кручение проводилось при скорости вращения нагружающего устройства 1 оборот (360°) за 200 с. Стержни в аппаратах были расположены параллельно друг другу и перпендикулярно имитатору кости, расстояние между наружным диаметром трубки и фиксатором стержня составляло 60 мм (консоль). Для аппарата РАПФИС дополнительно проводились испытания с консолью 35 мм и соче-

танием консоли в 35 мм и введением стержней под углом, чего не позволяют делать некоторые другие аппараты.

Обработка результатов. Жесткость фиксации при сжатии и изгибе определяли, измеряя смещение имитаторов кости при усилии 250 Н, жесткость при кручении — измеряя смещение имитаторов при крутящем моменте 25 Н·м. Число испытаний — не менее 5. Среднее арифметическое определяли по формуле: $E = SEi/n$, где Ei — жесткость при сжатии (изгибе, кручении) в i -испытании; n — число испытаний).

Результаты и обсуждение

Результаты испытаний представлены в таблице.

Полученные данные позволяют провести анализ жесткости испытанных аппаратов при разных видах нагружения. Жесткость является весьма важной характеристикой аппаратов для чрескостного остеосинтеза, поскольку основная задача состоит в создании стабильного положения костных отломков в пространстве.

Как видно из таблицы, при нагрузке сжатия наибольшей жесткостью, а следовательно, и стабильностью фиксации обладает аппарат РАПФИС. Если принять его жесткость за 100%, то стабильность при сжатии, создаваемая аппаратом МКЦ-01, составляет 38,7%, аппаратом Фурдюка — 63,7%, аппаратом АО — 91%, а спицестержневым аппаратом Илизарова — 94,6%. Прочностные характеристики имитатора кости имеют второстепенное значение, и ре-

Результаты испытаний аппаратов внешней фиксации

Наименование аппарата	Жесткость			
	при сжатии, Н/мм	при кручении, Н·м/град.	при изгибе, Н/мм	
			фронтальном	сагиттальном
Стержневой аппарат РАПФИС	145,3	1,72	694,4	61,6
Стержневой аппарат В.В. Фурдюка	92,6	0,82	260,4	37,1
Стержневой аппарат МКЦ-01	56,2	1,11	148,8	23,3
Спицестержневой аппарат Г.А. Илизарова	137,4	1,01	107,8	61,3
Стержневой аппарат АО (Synthes)	132	1,25	36	16

зультаты данного исследования можно сравнивать с таковыми в других экспериментальных работах. Chevalley и соавт. [5] использовали полиуретановую костную модель и прикладывали нагрузки подобным способом. Жесткость аппарата АО (Synthes) составила при осевой нагрузке 77 и 83 Н/мм для моделей из двух трубок и трубка—трубка соответственно (консоль 65 мм, расстояние между ближайшими к перелому стержнями 120 мм). Максимальная жесткость при осевой нагрузке отмечена у аппарата Orthofix — 108 Н/мм (консоль 60 мм, расстояние между ближайшими к перелому стержнями 240 мм). Broekhuizen и соавт. [2] и Chao [4], используя плексигласовую модель кости, получили для аппарата Orthofix значение жесткости при сжатии 110 Н/мм (расстояние между ближайшими к перелому стержнями составляло 180 мм). McCoy и Chao [7] также испытывали бедренную кость и рассчитали жесткость двухплоскостного аппарата Hoffmann при сжатии, которая оказалась равной 66 Н/мм. Аппарат состоял из стержней диаметром 4 мм с расстоянием между ближайшими к перелому стержнями 190 мм и консолью 60 мм. Более детальные испытания аппарата Hoffmann были проведены Finlay и Moroz [6].

При кручении стабильность аппарата Фурдюка составляет 47,7%, спицестержневого аппарата Илизарова — 58,7%, аппарата МКЦ-01 — 64,5%, а аппарата АО — 76,5% от стабильности аппарата РАПФИС.

При изгибе во фронтальной плоскости стабильность фиксации аппарата АО равна 5,2% от жесткости аппарата РАПФИС, стабильность спицестержневого аппарата Илизарова — 15,5%, аппарата МКЦ-01 — 21,4%, аппарата Фурдюка — 37,5%. Показатель жесткости при изгибе во фронтальной плоскости для аппарата АО (Synthes), составивший 36 Н/мм, практически идентичен полученному Chevalley и соавт. [5]. При консоли 65 мм и расстоянии между ближайшими к перелому стержнями 120 мм в их исследовании жесткость аппарата АО составила 37 Н/мм. Жесткость фиксации во фронтальной плоскости в основном определяется диаметром внешней опоры, связывающей проксимальный и дистальный отломки, чем обусловлено значительное превосходство в стабильности фиксации рамочного аппарата Фурдюка и особенно аппарата РАПФИС.

При изгибе в сагиттальной плоскости жесткость аппарата АО составила 25,8%, аппарата МКЦ-01 — 37,8%, аппарата Фурдюка — 60,2%, спицестержневого аппарата Илизарова —

99,5% от жесткости аппарата РАПФИС. В сагиттальной плоскости во всех проведенных испытаниях произошли самые большие смещения при самых малых нагрузках.

Для повышения жесткости фиксации при нагрузке сжатия можно ввести стержни под углом и уменьшить консоль. В наших исследованиях в аппарате РАПФИС было введено по одному стержню в каждый отломок под углом 30° к перпендикуляру к плоскости кости, а также уменьшена консоль до 35 мм. При уменьшении консоли с 60 до 35 мм стабильность фиксации при нагрузке сжатия составила 250 Н/мм (172%), а при консоли в 35 мм и введении стержней под углом — 417 Н/мм (288%) (рис. 2).

З а к л ю ч е н и е

Всем испытанным аппарата внешней фиксации присущ индивидуальный набор показателей жесткости при различных видах нагружения. Наибольшей жесткостью при всех видах нагружения обладает аппарат РАПФИС, что свидетельствует о его высокой эффективности в создании стабильной фиксации костных отломков. Аппарат обеспечивает взаимное репозиционирование отломков по шести степеням свободы. Держатели стержней в аппарате свободно перемещаются и самоуставливаются в процессе репозиции, не препятствуя устранению всех видов смещения. После репозиции затяжкой двух гаек на каждом держателе стержня блокируются все шесть степеней свободы и обеспечивается стабильная и прочная фиксация костных отломков до их полной консолидации. Корпусные детали аппарата выполнены из высокопрочного рентгенопрозрачного угле-

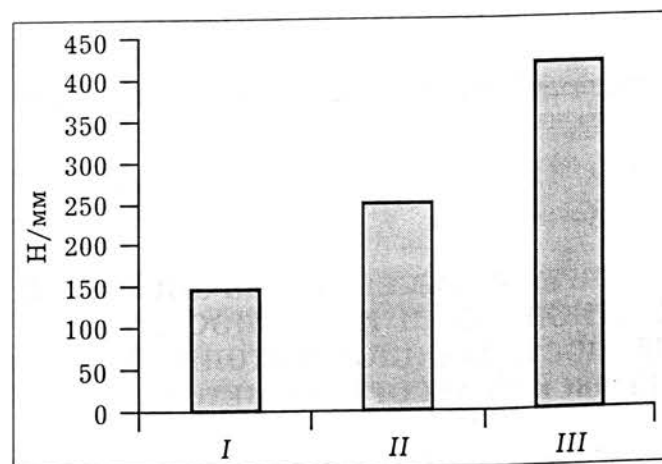


Рис. 2. Жесткость различных конфигураций аппарата РАПФИС при сжатии.

I — консоль 60 мм, II — консоль 35 мм, III — консоль 35 мм, стержни под углом.

пластика, что позволяет контролировать правильность репозиции во всех проекциях.

Аппарат особенно эффективен при оскольчатых переломах. Создаваемая им жесткая и надежная фиксация, исключающая вторичные смещения отломков, делает возможной раннюю нагрузку оперированной конечности.

Полученные результаты позволяют рекомендовать аппарат РАПФИС для широкого внедрения в практическое здравоохранение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alonso J. //Clin. Orthop. — 1989. — N 241. — P. 83-88.
2. Broekhuizen T.H., Voxma H. et al. //Injury. — 1990. — Vol. 21. — P. 145-151.
3. Chao EYS. //J. Biomech. — 1982. — N 12. — P. 971-983.
4. Chao EYS. //Orthopedics. — 1988. — N 11. — P. 1057-1069.
5. Chevalley F., Amsutz Ch., Bally A. //J. Orthop. Surg. — 1993. — N 1. — P. 1-7.
6. Finlay J.B., Moroz T.K. //J. Bone Jt Surg. — 1987. — Vol. 69A. — P. 734-744.
7. McCoy M.T., Chao EYS. //Clin. Orthop. — 1983. — N 180. — P. 23-33.

COMPARISON OF FIXATION STABILITY IN MODERN DEVICES FOR TRANSOSSEOUS OSTEOSYNTHESIS

A.I. Gorodnichenko, N.S. Gavryushenko, M.E. Kazakov, V.M. Kernichanskiy

At the Test Laboratory of CITO five modern devices for transosseous osteosynthesis were studied to evaluate the fixation stability in comminuted fractures. Firmness was defined in compression, twisting as well as frontal and sagittal bends. In all planes the highest level of fixation stability was found in RAPFIS device. Design peculiarity of that device provided the additional increase of fixation stability by roads insertion into bone fragments at an angle and diminution of the «bone-fixative» distance (console) that almost 3 times improve the fixation stability.

© Коллектив авторов, 1999

Н.В. Корнилов, А.С. Аврунин, И.В. Синюкова, В.Е. Каземирский

БИОРИТМЫ ОБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В КОСТНОЙ ТКАНИ И ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ДВОЙНОЙ ФОТОННОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ АБСОРБЦИОМЕТРИИ

Российский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург

Методом двойной фотонной рентгеновской абсорбциометрии обследовано 52 пациента с диспла-

стическим коксартрозом в возрасте от 14 до 23 лет. Выявлен колебательный характер изменения минеральной плотности костной ткани. Проведенный на основании экспериментальных данных вычислительный эксперимент показал, что совпадение направления тренда, полученного путем случайной выборки, с истинной тенденцией, выявленной посредством аппроксимации всего динамического ряда, составило при двукратном исследовании только 58%, при трехкратном — 63% и при пятикратном — 69%. Следовательно, для точной диагностики обменных нарушений в кости и объективного контроля за эффективностью лечения даже пятикратные исследования оказываются недостаточными, их требуется значительно больше.

Для диагностики сдвигов в структуре костной ткани и индивидуального контроля за их динамикой в процессе лечения широко используется двойная фотонная рентгеновская абсорбциометрия. Однако при оценке результатов исследования не учитывается колебательный характер изменения минеральной плотности костной ткани, который может оказать существенное влияние на точность диагностики [1-4, 7, 8].

Целью данной работы было определить диагностическую ценность метода двойной фотонной рентгеновской абсорбциометрии с учетом колебательного характера изменений минеральной плотности костной ткани.

Материал и методы. Обследовано 52 пациента (33 мужского, 19 женского пола) с диспластическим коксартрозом в возрасте от 14 до 23 лет. Больные наблюдались не менее 1 года. Оценку минеральной плотности костной ткани L2-4 позвонков и шеек бедренных костей проводили в динамике от 2 до 6 раз методом двойной фотонной рентгеновской абсорбциометрии на денситометре SOPHOS L-XRA фирмы «Sopha medical».

Экспериментальная часть работы представлена результатами исследований на 179 белых беспородных крысах-самцах массой 180-220 г с единичной остеотомией правого бедра в средней трети. Операцию выполняли под наркозом (3 мл 1% гексанала внутривенно). Отломки фиксировали интрамедуллярно металлическим стержнем. Методика операции описана ранее [1]. Всем животным проводили рентгенографию правой большеберцовой кости в стандартной боковой проекции однократно до операции, а затем после нее по скользящему графику таким образом, чтобы получить динамический ряд ежедневных наблюдений в течение 2 мес. Минеральную плотность кортикального слоя интактной правой