

УДК 617.581

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ ФИКСАЦИИ ОТЛОМКОВ МОДЕЛИ БЕДРЕННОЙ КОСТИ РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ АППАРАТОВ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ И НАКОСТНЫХ ПЛАСТИН

© О.Н. Ямщиков, И.А. Норкин, С.А. Емельянов, Д.А. Марков

Ключевые слова: моделирование; механика; модель бедренной кости; остеосинтез.

Для лечения переломов бедренной кости применяют различные методы остеосинтеза: накостный, чрескостный, интрамедуллярный. На опыте мы проанализировали значения прочностных характеристик стабильности фиксации при использовании различных конструкций для чрескостного и накостного остеосинтеза: аппараты внешней фиксации (АВФ) спицевого и стержневого типа, накостные пластины с ограниченной площадью контакта и угловой стабильностью. Прочность соединения остеофиксатора с моделью исследовали в опыте, с применением нагрузки к модели в поперечном, продольном направлении и ротацией. Нагрузка давалась до тех пор, пока конструкция, состоящая из фиксатора и модели кости в виде бруска с круглым сечением $L = 400$ мм, $d = 30$ мм, теряла жесткость. Проводилось по 3 серии опытов для каждого случая остеосинтеза.

Проанализировав показатели прочности фиксации, сделан вывод о том, что жесткость фиксации конструкции при воздействии нагрузок в поперечном, продольном направлении к оси модели и ротации с АВФ стержневого типа выше на 25–140 % по сравнению с АВФ спицевого типа. При испытании модели с пластинами с нагрузкой вдоль оси показатели прочности фиксации пластины с угловой стабильностью были выше на 37 %, а при испытании с нагрузкой 90° к оси модели – на 16 % по сравнению с пластиной с ограниченной площадью контакта. При сравнении показателей модели, фиксированной АВФ, и модели с пластинами наблюдается превосходство прочности фиксации пластины с угловой стабильностью над лучшими показателями АВФ стержневого типа при нагрузке по оси на 500 %, а при нагрузке под углом 90° градусов на 10 %. Таким образом, наибольшая прочность фиксации отломков достигается при применении пластины с угловой стабильностью.

Лечение переломов диафиза бедренной кости является одним из сложнейших направлений в травматологии [1, с. 372–373]. В лечении переломов бедренной кости применяют различные методы остеосинтеза: накостный, чрескостный, интрамедуллярный. В последние годы наиболее распространены методики накостного остеосинтеза [1–2]. Чрескостный остеосинтез традиционно наиболее распространен в нашей стране [2–5]. Достоинством чрескостного остеосинтеза является возможность точной закрытой репозиции. Однако существуют и недостатки, такие как громоздкость и неудобство конструкции для пациента, недостаточная прочность фиксации отломков, особенно при оскольчатом характере перелома, риск инфекционных осложнений. Все это ограничивает применение аппаратов внешней фиксации (АВФ) [2–3; 5]. На степень устойчивости отломков при чрескостном остеосинтезе влияют: набор деталей фиксатора, их разновидность, габариты, величины напряженности чрескостных элементов, положение фиксирующих элементов по отношению между собой и к фрагментам костей. Стабильность фиксации отломков при накостном остеосинтезе пластинами также зависит от различных факторов: величины покрытия пластиной отломков, количества фиксирующих винтов и их размеров, расположения пластины относительно линии перелома. Таким образом, выбор оптимального способа фиксации отломков при переломах бедренной кости остается актуальным.

Цель исследования: на основании механического принципа остеосинтеза переломов исследовать показатели стабилизации отломков бедренной кости при ос-

теосинтезе переломов различными типами АВФ и накостных пластин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На опыте мы проанализировали значения прочностных характеристик стабильности фиксации при использовании различных конструкций для чрескостного и накостного остеосинтеза, отличающихся разновидностью элементов АВФ, проводимых через костные фрагменты, разновидностью пластин. Прочность соединения остеофиксатора с моделью исследовали в опыте. Применяли нагрузку по оси модели, перпендикулярно к оси модели и ротационную нагрузку, используя механический пресс и машины для испытания на кручение и разрыв. Моделью бедренной кости стали бруски, выполненные из древесины с круглым сечением $L = 400$ мм, $d = 30$ мм, которые распилены посередине.

В опыт брали серийно выпускаемые АВФ кольцевого типа. Данные АВФ состоят из трех кольцевидных опор и дуги на конце. Базовые кольца располагались отступя 3 см от концов бруса. Чрескостные фиксирующие элементы представлены винтами Шанца $L = 150$ мм и спицами Киршнера $L = 400$ мм, $d = 2$ мм. Натягивались спицы до натяжения 90 кгс. Промежуточные базы располагали на 5 см отступя от линии пропилы.

Испытывались следующие АВФ:

1) АВФ спицевого типа Г.А. Илизарова. Ориентиры проведения спиц: 2–8, 4–10 в базовых кольцах и 3–9 в промежуточных. При этом осколок не фиксировался;

Таблица 1

Характеристика прочности фиксации фрагментов

Тип АВФ	Нагрузка		
	вдоль оси модели, Н	в поперечном направлении (90° к оси), Н	ротацией, Нм
АВФ спицевого типа	78 ± 5,77	135,50 ± 1,34	158 ± 1,44
АВФ стержневого типа	187 ± 7,33	170,60 ± 3,33	198,5 ± 2,86
Пластина DCP с ограниченной площадью контакта	827,53 ± 1,20	161,10 ± 4,84	–
Пластина LCP с угловой стабильностью	1132 ± 2,72	187,41 ± 1,45	–

2) АВФ стержневого типа. Ориентиры проведения стержней: 12,9 проксимального кольца; 9,3 дистального и в позициях 8 или 9 промежуточных колец перпендикулярно к оси бруска.

В качестве накостных фиксаторов использовали наиболее распространенные пластины:

1) пластина с ограниченной площадью контакта (DCP), длиной 250 мм, шириной 25 мм, толщиной 4 мм;

2) пластина с угловой стабильностью (LCP), длиной 250 мм, шириной 17 мм, толщиной 4 мм.

Линию перелома располагали на середине пластин. При этом пластина фиксировалась к каждому отломку 4 винтами.

Давалось 3 вида нагрузки на брусок.

1. Ротационная.

2. По оси.

3. Под углом 90° к оси.

Нагрузка давалась до тех пор, пока конструкция, состоящая из фиксатора и бруска, теряла жесткость, т. е. прекращалось возрастание нагрузки. Данный момент фиксировался по измерительной шкале разрывной машины и пресса. Измерение проводилось в Н и Нм. Показатели приведены в табл. 1. Для статистического анализа проведена оценка нормальности распределения эмпирической величины по Колмогорову-Смирнову. Критический уровень значимости – 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В первом опыте оценивались показатели жесткости конструкции при нагрузке в продольном направлении. При испытании типового АВФ спицевого типа потеря жесткости конструкции зафиксирована при $78 \pm 5,77$ Н ($p < 0,05$). При испытании АВФ стержневого типа потеря жесткости конструкции зафиксирована при $187 \pm 7,33$ Н ($p < 0,05$). По сравнению с АВФ спицевого типа степень жесткости фиксации АВФ стержневого типа выше на 139,74 % ($r = 0,339421$; $Kr = 0,473$). Таким образом, большая жесткость фиксации наблюдается у АВФ стержневого типа.

Во втором опыте оценивались показатели жесткости конструкции при нагрузке в поперечном направлении. При испытании типового АВФ спицевого типа потеря жесткости конструкции зафиксирована при $135,5 \pm 1,34$ Н ($p < 0,05$). При испытании АВФ стержневого типа потеря жесткости конструкции зафиксирована при $170,6 \pm 3,33$ Н ($p < 0,05$). По сравнению с АВФ спицевого типа степень жесткости фиксации выше на 26 % ($r = 0,9198$; $Kr = 1,30822$).

В третьем опыте оценивались показатели жесткости конструкции при нагрузке ротацией. При испытании АВФ спицевого типа потеря жесткости конструкции зафиксирована при $158 \pm 1,44$ Н ($p < 0,05$). В случае с АВФ стержневого типа потеря жесткости конструкции фиксирована при $198,5 \pm 2,86$ Н ($p < 0,05$). Степень жесткости фиксации АВФ стержневого типа выше на 25,63 % ($r = 0,62115$; $Kr = 1,0323$).

Таким образом, жесткость фиксации конструкции при воздействии нагрузок в поперечном, продольном направлении к оси модели и ротации выше у АВФ стержневого типа.

При испытании модели с пластинами с нагрузкой вдоль оси показатели прочности фиксации пластины LCP с угловой стабильностью были выше на 37 % ($r = 0,821331$; $Kr = 1,24103$) по сравнению с пластиной DCP. При испытании с нагрузкой в поперечном направлении к оси модели прочность фиксации пластиной LCP была на 16 % ($r = 0,95251$; $Kr = 1,033$) выше, чем пластиной DCP.

При сравнении показателей конструкций с АВФ и с пластинами наблюдается превосходство прочности фиксации пластины LCP над лучшими показателями АВФ стержневого типа при нагрузке по оси на 500 % ($r = 0,15654$; $Kr = 0,24$), а при нагрузке под углом 90° – на 10 % ($r = 0,891963$; $Kr = 1,3788$).

ВЫВОДЫ

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что при наличии нестабильного перелома бедренной кости фиксация АВФ стержневого типа предпочтительнее фиксации АВФ спицевого типа.

Анализируя результаты проведенных экспериментов над моделью с пластинами, можно заключить, что механическая прочность фиксации фрагментов кости пластиной с угловой стабильностью превосходит аналогичные показатели при использовании пластины DCP в среднем на 30 %.

Сравнивая показатели прочности фиксации отломков АВФ и пластинами, можно сделать вывод о более прочной фиксации отломков пластинами. Показатель прочности фиксации пластины LCP превосходит показатели АВФ стержневого типа более чем в 5 раз.

Обобщая результаты проведенных экспериментов, можно видеть, что механическая прочность фиксации фрагментов кости пластиной с угловой стабильностью, которая закреплена 4 винтами к каждому отломку, наибольшая по сравнению с пластиной DCP и гораздо выше прочности фиксации АВФ различных типов.

Следовательно, применяя данные опыта к клиническим условиям, можно говорить о предпочтительной фиксации отломков бедренной кости пластиной LCP, т. к. стабильность фиксации отломков в значительной степени влияет на результат лечения переломов костей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Травматология: европейские стандарты. М., 2005.
2. Марков Д.А., Ямшиков О.Н., Норкин И.А., Афанасьев Д.В. Моделирование остеосинтеза диафизарных переломов бедренной кости // Вопросы травматологии и ортопедии. 2012. № 3. С. 12-16.
3. Бейдик О.В., Котельников Г.П., Островский Н.В. Остеосинтез стержневыми и спицестержневыми аппаратами внешней фиксации. Самара, 2002. 234 с.
4. Кобелев И.А., Виноградов В.Г., Лапшин В.Л. Исследование напряженно-деформированных состояний системы «поврежденный костный сегмент-АВФ» с помощью программного комплекса конечно-элементного анализа при лечении внесуставных переломов проксимального отдела бедренной кости // Сибирский медицинский журнал. Иркутск, 2010. Т. 99. № 8. С. 165-168.
5. Халиман Е.А., Виноградов В.Г., Лапшин В.Л., Ивлев Б.В. Исследование жесткости стержневых аппаратов внешней фиксации на основе математической модели // Сибирский медицинский журнал. Иркутск, 2011. Т. 106. № 7. С. 46-49.

Поступила в редакцию 14 августа 2014 г.

Ямшиков Олег Николаевич, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент, зав. кафедрой травматологии, ортопедии и медицины катастроф, e-mail: cep_a@mail.ru

Yamshchikov Oleg Nikolayevich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor, Head of Traumatology and Orthopedics and Medicine of Catastrophe Department, e-mail: cep_a@mail.ru

Норкин Игорь Алексеевич, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, г. Саратов, Российская Федерация, доктор медицинских наук, профессор, зав. кафедрой травматологии и ортопедии, e-mail: cep_a@mail.ru

Norkin Igor Alekseyevich, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation, Doctor of Medicine, Professor, Head of Traumatology and Orthopedics Department, e-mail: cep_a@mail.ru

Емельянов Сергей Александрович, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, г. Тамбов, Российская Федерация, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и медицины катастроф, e-mail: cep_a@mail.ru

Emelyanov Sergey Aleksandrovich, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russian Federation, Assistant of Traumatology and Orthopedics and Medicine of Catastrophe Department, e-mail: cep_a@mail.ru

Марков Дмитрий Александрович, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского, г. Саратов, Российская Федерация, кандидат медицинских наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, e-mail: cep_a@mail.ru

Markov Dmitriy Aleksandrovich, Saratov State Medical University named after V.I. Razumovsky, Saratov, Russian Federation, Candidate of Medicine, Associate Professor of Traumatology and Orthopedics Department, e-mail: cep_a@mail.ru

Yamshchikov O.N., Norkin I.A., Emelyanov S.A., Markov D.A. RESEARCH AND COMPARISON OF STRENGTH PARAMETERS FRAGMENTS FIXATION MODELS FEMUR DIFFERENT TYPES OF EXTERNAL FIXING AND PLATES

For the treatment of fractures of the femur use various methods of osteosynthesis: of plate, transosseous, intramedullary. On experience, we estimate the value of strength characteristics fixation stability using different designs for transosseous and plate osteosynthesis: external fixation devices (APS) spoke and stick-type of plate with limited contact area and angular stability. The joint strength was investigated with the model of the lock in an experiment using a load pattern in the transverse and the longitudinal direction of the rotation. The load was given until when the structure consisting of a clamp and the bone model in the form of a rod with round section $L = 400$ mm, $d = 30$ mm, lost rigidity. Three series of experiments for each case osteosynthesis are conducted.

Analyzing the strength of fixing performance, it is concluded that the design rigidity fixation when exposed to loads in the transverse direction to the longitudinal axis of the model and rotation of a rod-type apparatus above 25–140 % compared to the spoke-type apparatus. In the test pattern with the plates along the axis of the load indicators of the strength of fixing the plate to the corner stability was higher by 37 %, when tested with a load of 90 degrees to the axis of the model is 16 % compared to the limited plate contact area. When comparing the model and the model of apparatus fixed to the plates, there is superiority in strength of the fixation plate over the best angular stability indices stick-type apparatus with a load axis 500 % load and at an angle of 90 degrees at 10 %. Thus, the largest fragments fixation strength achieved using plates with angular stability.

Key words: modeling; mechanics; model of femur; osteosynthesis.