

12. *Thyophile G.* Antioxidant effects and the therapeutic mode of action of calcium channel blockers in hypertension and atherosclerosis // *Philosophical Transactions of the Royal Society.* — 2005. — Vol. 360. — P. 2259–2271.

13. *Tosti E.* Calcium ion currents mediating role of

oocyte maturation // *Reprod. Biol. Endocrinol.* — 2006. — Vol. 4. — P. 26–31.

14. *Wielton P.M., Reynolds K.M., Muntaner P. et al.* Global burden of hypertension analysis of worldwide data // *Lancet.* — 2009. — Vol. 365, N 9455.—P. 217–222.

УДК 593.424: 612.08: 616.718.4001.5-089.21-089.227.84: 615.46-77

E04

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ ФИКСАЦИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ОСТЕОСИНТЕЗА ПЕРЕЛОМОВ БЕДРЕННОЙ КОСТИ

Олег Николаевич Ямщиков¹, Дмитрий Александрович Марков²,
Сергей Александрович Емельянов^{1*}, Ксения Павловна Зверева², Александр Евгеньевич Бычков²

¹Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина,

²Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского

Реферат

Цель. Провести сравнительную оценку прочности фиксации фрагментов кости при переломах оскольчатого характера на примере модели повреждённой бедренной кости с металлоконструкциями.

Методы. Использовалась методика фиксации отломков костей наклонной пластиной, блокируемым интрамедуллярным штифтом, аппаратом внешней фиксации. За модель бедренной кости для эксперимента был принят деревянный брус с круглым сечением, внешним диаметром 35 мм, внутренним диаметром 25 мм, который был распилен посредине двумя пропилами под углом 45° к оси бруска таким образом, чтобы сформировался осколок треугольной формы. Оценивали жёсткость фиксации костных фрагментов при использовании следующих конструкций: пластин с угловой стабильностью, аппарата внешней фиксации спице-стержневого типа и интрамедуллярного блокируемого стержня. Для испытания на прочность конструкции модель «кости-фиксатор» применяли машину для испытания на кручение КМ-50-1 №66, пресс механический П-10 №92, разрывную машину типа P-10 №1677.

Результаты. По сравнению с аппаратом внешней фиксации выявлена большая стабильность модели с пластиной с угловой стабильностью: в 6 раз при нагрузке вдоль продольной оси модели и на 43,5% при поперечной. Прочность фиксации интрамедуллярным стержнем при приложении силы вдоль продольной оси была больше, чем при использовании аппарата внешней фиксации. При нагрузке ротацией показатели стабильности при использовании интрамедуллярного метода были в 2 раза меньше показателей для аппарата внешней фиксации.

Вывод. На модели оскольчатых двухрычаговых переломов бедренной кости прочность фиксации отломков максимальна при использовании пластин с угловой стабильностью.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, бедренная кость, модель кости, остеосинтез, механика.

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODELED FEMORAL FRACTURES OSTEOSYNTHESIS STABILITY O.N. Yamshchikov¹, D.A. Markov², S.A. Emelyanov¹, K.P. Zvereva², A.E. Bychkov². ¹Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia, ²Saratov State Medical University, Saratov, Russia. **Aim.** To perform the comparative analysis of osteosynthesis stability in splintered fractures on the example of modeled fractures of femur with metalwork. **Methods.** Bone fragments fixation methods using internal fixators, blocking intramedullary nails, external fixation devices. Round wooden rod with external diameter of 35 mm, internal diameter of 25 mm, which was saw in the middle with two cuts directed at an angle of 45° to the rod axis to form the triangle fragment, was picked for femur model for the purpose of experiment. The stability of bone fragments fixation using plates with angle stability, pin- and nail-type external fixation devices and blocking intramedullary nails was assessed. To test the stability of the «bone-fixing device» complex, torsional test machine КМ-50-1 №66, power press П-10 №92, pull test machine P-10 №1677 were used. **Results.** Compared to external fixation device, fixation using plates with angle stability was 6 times more stable at axial load and by 43.5% at lateral load. The stability of blocking intramedullary nail at axial load was higher compared to external fixation device. At rotary load, the stability of blocking intramedullary nail was 2 times lower compared to external fixation device. **Conclusion.** On a model of splintered double-lever femur fractures, fixation using plates with angle stability was the most stable fixation mode.

Keywords: computer modelling, femur, bone model, osteosynthesis, mechanics.

Лечение повреждений бедренной кости — сложная и актуальная задача травматологии. Среди переломов длинных трубчатых костей доля переломов диафиза бедренной кости составляет от 10,4 до 23,9% [2–4, 9]. Один из важнейших показателей качества проведённого оперативного вмешательства — жёсткость фиксации костных отломков, поскольку при адекватной фиксации есть возможность ранней активизации больных, что и является одной из основных целей лечения.

Во второй половине XX века распространение получил метод чрескостного остеосинтеза. При его использовании наибольшее значение имеют вид фиксирующих элементов, их количество и пространственное расположение по отношению к кости. Использование внешней фиксации при лечении указанной патологии в настоящее время ограничено в связи с такими недостатками, как массивность конструкции и неудобство для пациента, относительная сложность метода и высокая вероятность специфических осложнений [3]. Несомненные преимущества чрескостного остеосинтеза — возможность

Прочность фиксации отломков в зависимости от варианта остеосинтеза и вида соединения

Вид остеосинтеза (n=99)	Вариант остеосинтеза	Приложенная сила нагрузки		
		Направление приложения силы		
		Вдоль продольной оси модели, Н	Поперечно продольной оси модели, Н	Нагрузка ротаци- ей, Н·м
Интрамедуллярный (n=15)	Блокируемый (БИОС), по 2 блокирующих винта на концах стержня	498,7 ($\sigma=7,86$)	104,3 ($\sigma=4,9$)	97 ($\sigma=6,8$)
Накостный (n=48)	Пластиной (LCP), 8 винтов	1008,2 ($\sigma=19,34$)	237,79 ($\sigma=13,24$)	—
Чрескостный (n=36)	Со спицами в крайних кольцах и стержнями в промежуточных кольцах, проведёнными под углом 90° к продольной оси модели	179,5 ($\sigma=11,23$)	165,64 ($\sigma=6,5$)	192,66 ($\sigma=3,74$)

закрытой репозиции и коррекции положения отломков в послеоперационном периоде, малая травматичность вмешательства, возможность применения при открытых повреждениях и пригодность внешних конструкций для многократного использования [1, 3, 6].

Специалисты Международной ассоциации остеосинтеза пропагандируют применение погружных конструкций: накостных пластин и внутрикостных стержней [7-9]. Достоинством накостного остеосинтеза является возможность точной репозиции перелома с последующим хорошим анатомическим результатом лечения, однако при неверном использовании накостных конструкций велик риск их миграции и перелома с вытекающей необходимостью удаления имеющейся конструкции и имплантации другой. В связи с открытым доступом велик риск инфекционных осложнений и нарушения трофики костной ткани [3, 5]. Альтернативой описанным выше методикам оперативного лечения диафизарных переломов бедренной кости служит применение интрамедуллярных блокируемых стержней. Несомненные положительные черты данного способа оперативного лечения — малая травматичность, возможность проведения закрытого остеосинтеза и ранней активизации пациентов, однако не всегда достигается необходимая репозиция костных отломков, и метод имеет ограниченное применение в метафизарных областях, поскольку принципиальное значение в этом случае имеет величина костных фрагментов [1, 7, 9].

Таким образом, при диафизарном переломе бедренной кости в арсенале травматологов существует несколько методик остеосинтеза, позволяющих зафиксировать перелом.

Цель исследования — провести сравнительную оценку прочности фиксации фрагментов бедренной кости при переломах оскольчатого характера на примере модели повреждённой кости с металлоконструкциями.

Согласно данным компьютерного моделиро-

вания, за модель бедренной кости для эксперимента был принят деревянный брус с круглым сечением, внешним диаметром 35 мм и внутренним диаметром 25 мм, который был распилен посередине двумя пилами под углом 45° к оси бруска таким образом, чтобы сформировался осколок треугольной формы.

Прочность крепления фрагментов деревянной модели сравнивалась при различных вариантах фиксации. При этом в эксперименте оценивали жёсткость фиксации костных фрагментов при использовании следующих конструкций:

1) пластины с угловой стабильностью (LCP) длиной 250 мм, шириной 17 мм, толщиной 4 мм, фиксированной 8 кортикальными винтами и закрывающей 60% длины отломка кости;

2) аппарат внешней фиксации (АВФ) спице-стержневого типа с проведением спиц в крайних кольцах и стержней в промежуточных кольцах под углом 90° к оси деревянной модели;

3) интрамедуллярный блокируемый стержень диаметром 10 мм и длиной 390 мм с поперечным блокированием проксимально и дистально (по 2 винта на каждый уровень).

Для испытания конструкции (модели «кости-фиксатор») на прочность применяли машину для испытания на кручение КМ-50-1 №66, пресс механический П-10 №92, ГОСТ 8905-82, ГОСТ 3565-58, разрывную машину типа Р-10 №1677, ГОСТ 7855-84.

Прочность крепления отломков определяли по шкале разрывной машины. При потере прочности фиксации происходило разрушение модели или смещение фрагментов более чем на 1 мм относительно друг друга, что также фиксировалось по шкале.

Данные каждой серии исследования для каждой конструкции вносили в таблицу, после чего проводили статистический анализ.

Показатели прочности фиксации отломков при различных видах соединения представлены в табл. 1.

В исследовании с направлением приложения силы вдоль продольной оси бруска при использовании интрамедуллярного стержня по сравнению с исследованием пластины LCP степень прочности фиксации ниже на 102% ($t=73,13$). Однако прочность фиксации интрамедуллярным стержнем больше, чем АВФ, на 178% ($t=70,15$). Прочность фиксации пластиной LCP выше, чем АВФ спице-стержневого типа, на 280% ($t=119,23$), то есть более чем в 2,5 раза.

В исследовании с направлением приложения силы перпендикулярно продольной оси бруска потеря прочности конструкции при внутрикостном остеосинтезе стержнем по сравнению с исследованием с пластиной LCP меньше на 128% ($t=28,5$), а по сравнению с АВФ спице-стержневого типа — на 59% ($t=22,7$).

При нагрузке ротацией показатели стабильности при использовании интрамедуллярного метода были меньше показателей для АВФ на 98,6% ($t=22,7$), то есть в 2 раза.

Как видно из проведённых опытов, фиксация интрамедуллярным стержнем выдерживает наиболее высокие нагрузки по оси модели, однако распределение нагрузки на блокирующие винты приводит к их деформации и потере жёсткости системы.

При сравнении жёсткости фиксации пластины LCP с АВФ выявлена большая стабильность модели с пластиной: в 6 раз при нагрузке вдоль продольной оси модели и на 43,5% ($t=14,72$) при поперечной.

ВЫВОДЫ

1. При использовании различных конструкций для фиксации оскольчатого двухрычагового перелома бедренной кости наибольшую стабильность фиксации обеспечивает накостный остеосинтез пластиной с угловой стабильностью LCP, фиксированной 8 винтами к каждому отломку и закрывающей 60% длины отломка кости.

2. Проецируя данные эксперимента на биологический объект, можно сделать предположение, что в клинических условиях у больных с оскольчатыми двухрычаговыми переломами бедренной кости использование пластин с угловой стабильностью (в сочетании с правильной постановкой пластины) может улучшить результаты лечения.

В этом случае достигается максимальная прочность фиксации отломков, а значит, улучшаются условия для консолидации перелома.

3. Вторым по показателям прочности фиксации отломков стал блокируемый интрамедуллярный остеосинтез. Его использование возможно у пациентов, для которых предпочтительнее меньшая травматизация мягких тканей, а также актуальна ранняя функция и нагрузка конечности.

4. Использование аппарата внешней фиксации подразумевает наименьшую прочность фиксации отломков по сравнению с применением пластин и блокируемого штифта. Применение аппарата внешней фиксации при остеосинтезе бедренной кости возможно лишь в тех случаях, когда проведение накостного и внутрикостного остеосинтеза противопоказано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Травматология. Европейские стандарты диагностики и лечения. — М.: Книгалюс, 2005. — С. 372-373.
2. Барабаш А.П., Русанов А.Г., Кауц О.А. Сравнительная характеристика линейных перемещений отломков бедренной кости при чрескостной фиксации // Саратов. науч.-мед. ж. — 2009. — №3. — С. 399-403.
3. Бейдик О.В., Котельников Г.П., Островский Н.В. Остеосинтез стержневыми и спицестержневыми аппаратами внешней фиксации. — Самара: ГП «Перспектива», 2002. — С. 234.
4. Карев Д.Б., Карев Б.А., Болтрукевич С.И. Опыт реабилитации пациентов с переломами бедренной кости // Новости хирургии. — 2009. — Т. 17, №2. — С. 58-64.
5. Ключевский В.В., Сметанин С.М., Соловьёв И.Н. и др. Внутренний остеосинтез при лечении открытых переломов бедренной кости // Травматол. и ортопед. России. — 2010. — №4. — С. 66-69.
6. Побел Е.А. Результаты лечения пациентов с диафизарными переломами длинных костей конечностей (ретроспективный анализ) // Ортопед., травматол. и протезир. — 2012. — №4. — С. 90-93.
7. Cieslik P., Piekarczyk P., Marczyński W. Results of retrograde intramedullary nail for distal femoral fractures—own experience // Ortop. Traum., Rehabil. — 2007. — Vol. 6, N 6. — P. 597-604.
8. El-Sayed A., Said H.G.Z., Abdel-Aal A. Locked plate fixation for femoral shaft fractures // Intern. Orthop. — 2001. — Vol. 25, N 4. — P. 214-218.
9. Ostermann P.A.W., Haase N., Ekkernkamp A. Techniques of extramedullary osteosynthesis in proximal femoral fractures // Der. Chirurg. — 2001. — Vol. 72, N 11. — P. 1271-1276.