

К 617.585:616.71-001.5-089.84

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫБОРА ПОГРУЖНЫХ ФИКСАТОРОВ ПРИ СИНТЕЗЕ НЕСТАБИЛЬНЫХ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ

¹Барабаш Ю.А., ¹Барабаш А.П., ¹Шпиняк С.П., ²Иванов Д.В., ¹Зуев П.П.

¹ФГБУ «Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии»

Минздрава России, Саратов, e-mail: sarniito@yandex.ru;

²Национальный исследовательский Саратовский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, Саратов, e-mail: rector@sgu.ru

В результате экспериментального механического испытания систем «образец-фиксатор», используемых при остеосинтезе диафизарных переломов костей (накостные – DCP и LCP; внутрикостные – стержень ChM), выявлены максимальные трехплоскостные нагрузки (Н), при которых наступает деформация или разрушение системы. Определены рычаги фиксации отломков (от 39 до 57% их длины) и необходимое количество точек накостной фиксации пластины к кости винтами (от 5 до 7 штук на каждом отломке). Доказано преимущество накостной фиксации пластиной LCP по отношению к DCP (на 28–38,9%) и интрамедуллярному стержню (в 2 раза).

Ключевые слова: перелом, остеосинтез, жесткость фиксации.

MECHANICAL RATIONALE OF IMPLANTED ANCHORS IN INSTABLE BONE FRACTURES

¹Barabash Y.A., ¹Barabash A.P., ¹Shpinyak S.P., ²Ivanov D.V., ¹Zuev P.P.

¹Federal Government-Financed Institution «Saratov Research Institute of Traumatology and Orthopaedics» of Ministry of Public Health of the Russian Federation,

Saratov, e-mail: sarniito@yandex.ru;

²National Research Saratov State University n.a. N.G. Chernyshevsky, Saratov, e-mail: rector@sgu.ru

Experimental mechanical trial of «sample-anchor» systems used in dyaphasial bone fractures osteosynthesis (extra-cortical – DCP and LCP, intraosseous – pin ChM) has confirmed maximal tri-axial pressure which provokes system deformity or failure. Levers of fragments fixation (39%–57% of their length) and appropriate number of extra-cortical screw nails fixation markings (5–7 for each fragment) are defined. The effectiveness of extra-cortical LCP plate fixation compared to DCP is 28–38,9% and to intramedullary nail is 2 times.

Keywords: bone fracture, osteosynthesis, fixation rigidity

Повреждения бедренной кости среди всех переломов по частоте составляют 15–45% [1; 2; 3; 4], а закрытые диафизарные переломы занимают второе место по частоте (10,4–23,9%) среди переломов длинных костей [5]. К наиболее сложным по реабилитации относятся диафизарные оскольчатые переломы. Частота их среди всех закрытых повреждений составляет 3,2–35,7% [6]. Рост их числа является одним из существенных факторов, обуславливающих актуальность проблемы лечения больных с оскольчатыми переломами бедренной кости [7]. Значительное количество неудовлетворительных исходов лечения больных с оскольчатыми переломами бедра (замедленная консолидация, несращение, ложные суставы, дефекты костей), несмотря на огромный выбор средств фиксации, указывает на то, что проблема сращения концов отломков длинной кости остается одной из важных в травматологии.

Цель исследования. Оптимизировать условия выбора методики хирургического лечения пациентов с оскольчатыми переломами диафиза кости, обеспечивающие оптимальное восстановление опорно-двигательной функции конечности на основе экспериментальных данных.

гательной функции конечности на основе экспериментальных данных.

Материалы и методы исследования

Экспериментальное исследование основано на проведении механического испытания стабильности фиксации отломков при использовании разных видов погружных фиксаторов (внутрикостный, накостный). Эксперимент проводили при помощи тарированной разрывной машины типа Р-10 №1677, ГОСТ 7855-84; пресса механического П-10 №92, ГОСТ 8905-82; машины для испытания на кручение КМ-50-1 № 66, ГОСТ 3565-58. Экспериментальные исследования выполнены в ГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет» и испытательной лаборатории «ТИ Качество» филиала ГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет», г.Энгельс (с участием доцента В.Ф. Кравцова, профессора А.А. Артеменко).

В качестве модели диафиза кости были использованы деревянные образцы цилиндрической формы (n = 99), длиной 400 мм, диаметром 30 мм. На образцах был смоделирован оскольчатый перелом (тип В2) путем выполнения двух встречных распилов в средней трети образца, проходящих под углом 45° к продольной и поперечной осям модели, что обеспечивало формирование клиновидного отломка.

Для проведения экспериментального исследования с применением методики интрамедуллярного

остеосинтеза с блокированием выполняли сквозное рассверливание сердцевины образца по продольной оси с целью создания канала диаметром 12 мм. Затем осуществляли фиксацию модели интрамедуллярным стержнем «ChM» размерами 10х390 мм с последующим поперечным блокированием системы 4 винтами – по два винта в дистальный и проксимальный концы стержня (статический вариант блокировки).

При накостной фиксации были исследованы показатели механической стабильности на модели «мо-

дель-фиксатор» с применением компрессирующих пластин DCP и пластин с угловой стабильностью (LCP – Locking-compression plate), длиной – 255 мм (63,7% от длины сегмента), шириной – 25 мм, толщиной – 4 мм, закрепленных на противоположной стороне от осколка разным количеством парафрактурно введенных в каждый отломок винтов (от 2 до 7, в зависимости от серии) на равноудаленном расстоянии от линии распила, с шагом 17 мм у DCP и 13 мм у LCP.

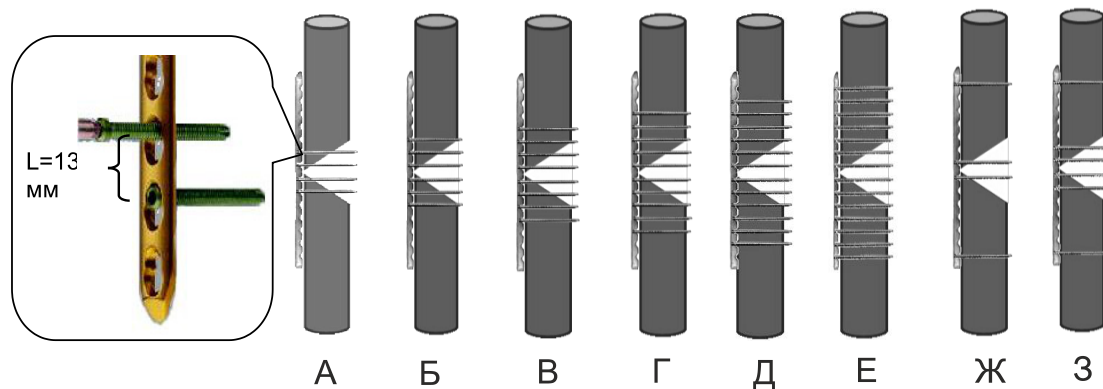


Рис. 1. Схематическое изображение компоновок накостной фиксации отломков образца по сериям эксперимента при моделировании оскольчатого разрушения. А) по 2 парафрактурных винта (серия 1); Б) по 3 парафрактурных винта (серия 2); В) по 4 парафрактурных винта (серия 3); Г) по 5 парафрактурных винтов (серия 4); Д) по 6 парафрактурных винтов (серия 5); Е) по 7 парафрактурных винтов (серия 6); Ж) по 1 парафрактурному винту и 1 в крайнее отверстие (серия 7); З) по 2 парафрактурных винта и по 1 в крайнее отверстие (серия 8)

Нагружение экспериментальных моделей производили по трем направлениям (продольно, поперечно и ротационно) относительно продольной оси образца до момента потери жесткостных свойств в системе «модель-фиксатор». Степень жесткости определяли по измерительной шкале испытательной машины, а потерю жесткости в системе «модель-фиксатор» – при прекращении возрастания показателей дальнейшей нагрузки, что соответствовало моменту смещения отломков на 1 мм, деформации или разрушению модели.

Цифровые показатели экспериментальных исследований группировали в таблицы, в дальнейшем производили их статистическую обработку при помощи электронной вычислительной машины с программным обеспечением Microsoft Excel-7.0 и Statistica (StatSoft, Inc., 1995) методом вариационной статистики для малых рядов наблюдений с вычислением средней арифметической (M), средней ошибки средней арифметической (m), среднеквадратического отклонения (σ). Для определения достоверности отличий вычисляли доверительный коэффициент t-критерий Стьюдента и определяли по табличным данным величину вероятности (P). Для вычисления степени достоверности выявленной корреляционной связи при небольшой выборке (N < 50) использовали критерий В.И. Романовского: $Kr = r \cdot \sqrt{n-1} \geq 3$.

Результаты исследования и их обсуждение

Основываясь на соблюдении одного из принципов остеосинтеза перелома (стабильность фиксации), как механического

фактора предупреждения микроподвижности отломков для формирования межотломкового кровоснабжения, нами проведено исследование степени стабильности системы «образец-фиксатор» на модели оскольчатого разрушения образца, зафиксированного разными методами и конструкциями.

При проведении стендовых испытаний было установлено, что в первой серии опыта при нагрузке на торцовые поверхности образца, фиксированного пластиной DCP с помощью парафрактурно введенных винтов (по 2 винта в каждый отломок на расстоянии 13 и 26 мм), нарушение стабильности фиксации наступало при нагрузке $621,67 \pm 0,52$ Н ($p \leq 0,05$). При поперечном нагружении на середину образца – нарушение стабильности системы отмечали при $128 \pm 1,04$ Н ($p \leq 0,05$) (рис. 2-3).

При трех парафрактурно введенных винтах в пластину (покрытие 21% от величины каждого отломка) нарушение стабильности системы наступало при $716,67 \pm 1,85$ Н ($p \leq 0,05$), что соответствовало повышению жесткости фиксации отломков образца на 13,3% ($r = 0,987829$; $Kr = 1,397$), по сравнению с предыдущей серией. Поперечное нагружение вызывало нарушение стабильности при $134,3 \pm 3,76$ Н ($p \leq 0,05$), что только на 4,7% ($r = 0,305424$; $Kr = 0,4319$) выше показателей предыдущей серии.

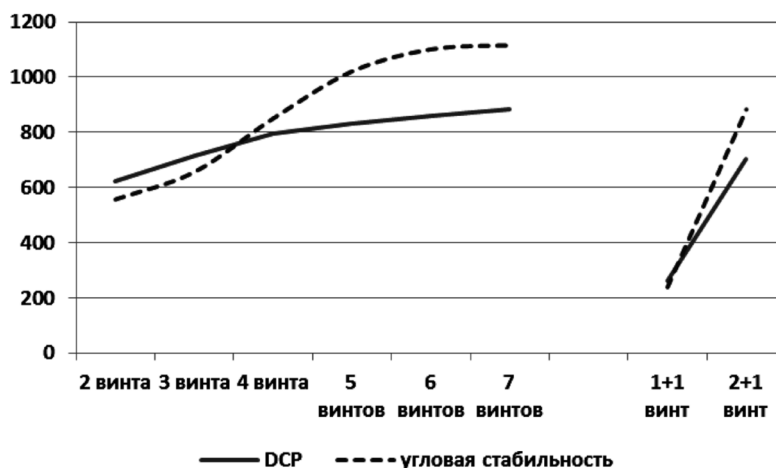


Рис. 2. Графическое отображение изменения степени фиксации отломков пластинами в восьми сериях опыта при осевой нагрузке

Увеличение количества парафрактурных винтов в системе «образец–фиксатор» до четырех, приводило к повышению стабильности на 9,82% ($r = 0,826754$; $Kr = 1,1692$), по сравнению со второй серией, с первой (парафрактурная фиксация по 2 винта) – на 21,7% ($r = 0,904194$; $Kr = 1,2787$). Исследование жесткости при поперечном нагружении выявило аналогичную тенденцию возрастания стабильности системы на 8,82% и 13,5% соответственно.

Дополнительное увеличение количества введенных винтов вызывало повы-

шение стабильности фиксации ещё на 3,15–4,33% ($r = 0,319173$; $Kr = 0,4514$) при продольном и на 4,9–5,1% при поперечном нагружении.

В пятой и шестой сериях опыта (где пластина фиксировалась к образцу по 6–7 винтов, что составляло 47–55,5% покрытия каждого отломка), достоверных различий не выявлено. Нарушение стабильности фиксации системы наступало при $857,67 \pm 6,36$ Н ($p \leq 0,05$) при продольном нагружении и $187 \pm 4,2$ Н ($p \leq 0,05$) – при поперечном.

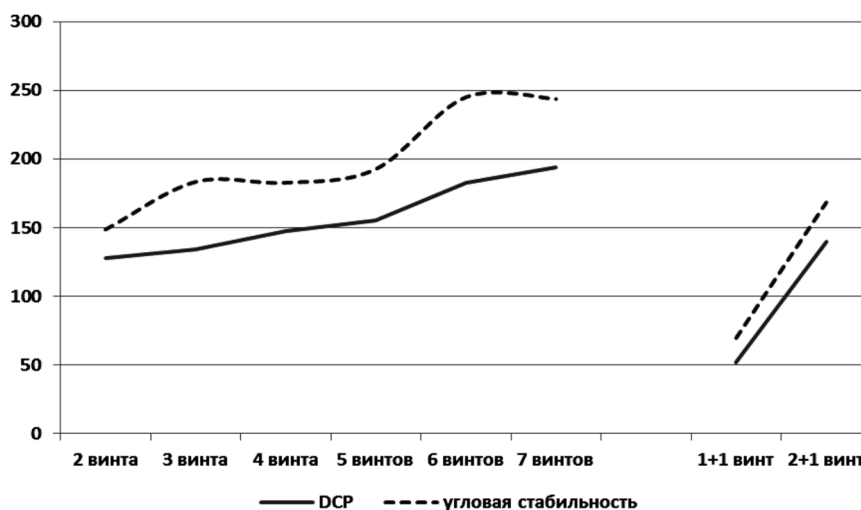


Рис. 3. Графическое отображение изменения степени фиксации отломков пластинами в восьми сериях опыта при поперечной нагрузке

В седьмой и восьмой сериях опыта длина рычага крепления пластины на отломках составляла 55%, но без промежуточной фиксации их винтами (только по

1–2 парафрактурных винта). Данное условие снижало степень стабильности, которое соответствовало показателям второй–третьей сериях опыта.

Таким образом, максимальная стабильность наблюдается в сериях крепления пластины DCP к образцу по пять-семь парафрактурно, последовательно введенных винтов в каждом отломке, что соответствует 39–55% фиксации длины отломка. Крепление пластины без соблюдения принципа последовательности введения винтов приводит к уменьшению жесткости фиксации, несмотря на большую или аналогичную длину покрытия пластиной отломков.

Показатели в сериях эксперимента с применением пластин с угловой стабильностью (LCP), несмотря на меньшее расстояние между отверстиями пластины (по 13 мм), а следовательно, и длину покрытия отломков, превосходят значения жесткости фиксации пластиной DCP на 28,02–38,94% ($p < 0,05$) (рис. 2–3). Так, уже в третьей серии опыта (при креплении пластины к отломкам по четыре винта) при продольной нагрузке по-

казатели жесткости фиксации выше на 7%, соответствуя значениям жесткости фиксации отломков пластиной DCP семью винтами.

Проведя биомеханические стендовые испытания интрамедуллярного фиксатора с поперечным блокированием и сравнив показатели с лучшими в сериях накостной фиксации (пластина с угловой стабильностью при фиксации 5–7 винтов), было отмечено, что при нагружении по оси образца жесткость интрамедуллярной фиксации стержнем с поперечным блокированием на 116,5% ($p < 0,05$) ниже, чем аналогичный показатель в серии опыта с фиксацией образца пластиной с угловой стабильностью по 7 винтов на каждом отломке (таблица). При нагружении перпендикулярно оси образца жесткость фиксации меньше на 121,5% ($p < 0,05$) накостной фиксации. Ротационную нагрузку система «модель-стержень» выдерживает в пределах 100Нм.

Сравнительные результаты показателей нагрузок фиксации оскольчатого перелома разными методами (накостный и интрамедуллярный) остеосинтеза

Метод остеосинтеза (n = 99)	Вариант скрепления отломков образца	Средняя сила нагрузки в трех сериях опытов		
		Вектор приложения силы		
		Продольная, Н	Поперечная, Н	Ротация, Н·м
Накостный (n = 48)	Пластиной с угловой стабильностью (LCP) 7 винтов	1115,33 ± 20,54	243,67 ± 14,19	-----
Интрамедуллярный (n = 15)	Стержень с поперечным блокированием (БИОС)	515,7 ± 8,66	110,1 ± 5,7	100 ± 7,6

Таким образом, интрамедуллярная фиксация выдерживает нагрузки только по оси сегмента (до 515,7 Н), но при этом нагрузка при нестабильных переломах распределяется преимущественно на поперечные блокировочные винты, которые довольно часто деформируются, что и было отмечено в клинической практике. Выходом из данной ситуации может служить модернизация систем интрамедуллярной фиксации путем создания условий для перераспределения нагрузок с поперечно введенных блокировочных винтов на всю систему «кость-фиксатор».

Заключая экспериментальные механические исследования по определению оптимальных компоновок и средств фиксации переломов костей, применяемых в клинической практике, можно выделить метод накостной фиксации пластиной с угловой стабильностью, фиксированной от 5 до 7 винтов в каждом отломке (что составляет от 30 до 42% от величины отломка кости), как наиболее механически оптимальный. Но широкое применение метода в клинической практике ограничено его травматичностью, необходимостью внутриочагового вмеша-

тельства на протяжении до 40% длины сегмента. Использование малоинвазивных технологий в сочетании со стабильной фиксацией, делает данный метод остеосинтеза предпочтительным.

Список литературы

1. Шапиро К.И. Основные причины первичной инвалидности от травм опорно-двигательной системы у лиц молодого возраста // Ортопедия, травматология и протезирование. – 1993. – № 4. – С. 87–89.
2. Войтович А.В. Оперативное лечение больных с переломами проксимального отдела бедренной кости в системе медицинской реабилитации: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. СПб., 1994. – 24 с.
3. Травматология и ортопедия: руководство для врачей: в 4 т. / под ред. Н.В.Корнилова. СПб.: Гиппократ, 2004. Т. 3: Травмы и заболевания нижней конечности / под ред. Н.В.Корнилова и Э.Г.Грязнухина. СПб.: Гиппократ, 2006. – 896 с.
4. Травматология: нац. руководство/гл. ред.: Г.П.Котельников, С.П.Миронов. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 820 с.
5. Чрескостный остеосинтез у больных с закрытыми диафизарными оскольчатыми переломами бедренной кости аппаратом Илизарова: пособие для врачей / РНЦ «ВТО» МЗ РФ.; сост.: С.И.Швед, Ю.М.Сысенко, С.И.Новичков. Курган, 1998. – 15 с.
6. Волошенко А.Н., Филинов С.В. Социально-экономическое значение политравм // Военная медицина. – 2011. – № 1. С. – 118–120.
7. Редько И.А., Дирин В.А. Лечение переломов бедра и голени // Травматология и ортопедия XXI века: сб. тез. докл. VIII съезда травматол. ортопедов России: в 2 т. Самара, 2006. – Т. I. – С. 302–303.