

Е.А. Халиман, В.Г. Виноградов

ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕЧЕНИЯ ДИАФИЗАРНЫХ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ СТЕРЖНЕВЫМИ АППАРАТАМИ ВНЕШНЕЙ ФИКСАЦИИ

ГОУ ВПО «Иркутский государственный медицинский университет» (Иркутск)
МУЗ «Городская клиническая больница № 3» (Иркутск)

Компьютерное моделирование аппаратов внешней фиксации с использованием метода конечных элементов является мощным инструментом в руках исследователей, способным обеспечивать высокую точность и достоверность и не уступающего методам натурального моделирования

Ключевые слова: переломы, стержневые аппараты, моделирование

THE WAYS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF TREATMENT OF LONG BONES SHAFT FRACTURES WITH SKELETAL FIXATION STERN DEVICES

Е.А. Khaliman, V.G. Vinogradov

Irkutsk state medical university, Irkutsk
City clinical hospital № 3, Irkutsk

Computer simulation of skeletal fixation devices with use of method of finite elements is the efficient instrument of the researchers, that can provide high accuracy and reliability and is inferior to the methods of real simulation.

Key words: fractures, stern devices, simulation

Травматизм последних десятилетий характеризуется увеличением тяжести травм опорно-двигательного аппарата и изменением структуры травматизма, в которой существенно возрос удельный вес сочетанных травм, достигающих, по данным различных авторов, 25–80 % [4, 6, 7, 13, 21, 24]. Отмечается увеличение количества сложных многооскольчатых и фрагментарных переломов длинных костей [22, 25]. Несмотря на большой выбор методов лечения повреждений конечностей, инфекционные осложнения при оперативном лечении переломов костей голени встречаются в 16,5–35,7 % случаев [12, 17, 26, 27], деформации сегмента после различных видов остеосинтеза – в 15,4–41,8 % случаев, несросшиеся переломы и ложные суставы – в 25–58 % [17]. Длительность нетрудоспособности колеблется в широких пределах: от 3–4 месяцев (при изолированных переломах большеберцовой кости без смещения) до 5–7 месяцев (при переломах со смещением), а иногда достигает 9–10 месяцев [1]. Частота первичного выхода на инвалидность в результате диафизарных переломов костей голени – от 5,1 до 39,9 % [1, 15, 20, 21].

Наружный чрескостный остеосинтез является эффективным методом лечения больных ортопедо-травматологического профиля. Благодаря точной репозиции и стабильной фиксации костных отломков вне зоны перелома, минимальной травматизации сосудов кости и мягких тканей, возможности хирургического доступа к костным и мягкотканым структурам, метод создает оптимальные морфологические и клинические условия для заживления переломов. Общей тенденцией,

наблюдающейся с последнего десятилетия XX века, является преимущественное развитие конструкций стержневых аппаратов [5, 6, 8, 9, 10, 11, 14, 16, 23]. Следует отметить также увеличившееся число создаваемых комбинированных или гибридных спице-стержневых аппаратов, которые, как правило, применяются для лечения около- и внутрисуставных переломов [3].

Остеосинтез стержневыми аппаратами менее травматичен, по сравнению со спицевыми аппаратами, снижается риск повреждения сосудисто-нервных стволов в силу их одностороннего расположения. Кроме того, стержневые аппараты приводят к меньшим нарушениям венозного и лимфатического оттока в послеоперационном периоде. Стержневые аппараты обладают большей жесткостью фиксации костных отломков, более компактны и значительно проще в плане установки и монтажа, что значительно снижает длительность проведения операции [6, 9].

Сотрудниками кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ ИГМУ с участием кафедры сопротивления материалов и строительной механики ИРГТУ производится разработка направления по поиску возможностей совершенствования стержневых аппаратов внешней фиксации. Используются современные инженерные технологии: математическое моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций и отдельных составляющих аппаратов внешней фиксации на основе метода конечных элементов. Внедрение найденных решений в клиническую практику способствует улучшению результатов лечения и дальнейшему развитию метода чрескостного остеосинтеза.

С помощью программного комплекса «MSC. Nastran», расчетная часть которого базируется на методе конечных элементов, был выполнен численный эксперимент по исследованию жесткости стержневых систем, предназначенных для фиксации костных отломков. Целью эксперимента являлось получение качественной и количественной картины деформированного состояния стержневой системы под действием внешней нагрузки, на основе чего было определено оптимальное пространственное расположение стержней, обеспечивающее минимальное смещение костного отломка в месте перелома. Рассматривалась часть аппарата внешней фиксации (подсистема), закрепленная на одном костном отломке. Костный отломок моделировался трубчатым стержнем с наружным диаметром 20 мм, внутренним диаметром 14 мм и длиной 125 мм. Количество КЭ составляло 23. Стальные стержни имели диаметр 5 мм, длину 70 мм, количество КЭ — 13. Закрепление стержней в костном отломке принималось жестким (жесткая заделка), на свободных концах стержней также устанавливались жесткие опорные узлы. В моделях использовались два типа материалов деформируемой среды: сталь ($E = 190000 \text{ МПа}$, $\mu = 0,27$) и кость ($E = 21000 \text{ МПа}$, $\mu = 0,3$) (E — модуль упругости Юнга, μ — коэффициент поперечной деформации Пуассона). В качестве внешней нагрузки рассматривались три силовых фактора, равных 1000Н, действующих в пространственной системе координат. Сопоставлялось несколько расчетных схем при различных вариантах расположения точки среднего стержня по длине отломка, различных углах наклона стержней в плоскостях поперечного и продольного сечения отломка.

По результатам численного эксперимента сделаны следующие выводы:

1. Одноплоскостная схема слабо противостоит смещающим усилиям в направлении, перпендикулярном плоскости конструкции, может применяться только при строгом ограничении таких нагрузок.

2. Трехплоскостная схема с проведением среднего стержня по средней плоскости между крайними стержнями характеризуется сочетанием высокой и низкой устойчивости к разнонаправленным нагрузкам, не достигая приемлемых величин во всех вариантах, не приемлема для практического использования.

3. Для двухплоскостной схемы с перпендикулярным проведением стержней, в которой крайние стержни установлены в одной плоскости, а средний — в другой, наиболее стабильными являются такие положения, когда средний стержень приближен к месту перелома, а угол между плоскостями — $60 - 90^\circ$. Для второго варианта двухплоскостной схемы с перпендикулярным проведением стержней, в которой дистальный и средний стержни проведены в одной плоскости, а ближний к перелому — в другой, наиболее стабильными являются такие положения, когда средний стержень приближен к месту перелома, а угол между плоскостями $60 - 90^\circ$.

Оба варианта могут быть рекомендованы для практического применения, при этом второй вариант несколько более стабилен [18].

4. Трехплоскостная схема с вариантами наклонной установки стержней во всех случаях демонстрирует хорошую устойчивость к нагрузкам на место перелома, наиболее стабильные варианты, которые могут быть рекомендованы для практического применения, следующие: 1) дистальный и средний стержни отклонены на 30° от места перелома, проксимальный к перелому — перпендикулярно; 2) дистальный и средний стержни отклонены на 30° от места перелома, проксимальный к месту перелома отклонен на 30° к месту перелома; в обоих вариантах средний стержень устанавливается ближе к месту перелома [19].

При сравнении величины деформаций, рассчитанных для вариантов по пп. 3 и 4, можно заключить, что представленные варианты компоновки показывают сопоставимые результаты, в практическом применении при выборе следует исходить из конкретных анатомических и технических условий.

Разработанные схемы установки стержней были внедрены в клиническую практику. За основу была взята конструкция стержневого аппарата по патенту № 2152765 (РФ), разработанного на кафедре травматологии, ортопедии и ВПХ Иркутского государственного медицинского университета [2].

Был проведен анализ лечения 159 пациентов с диафизарными переломами костей бедра и голени, лечившихся в МУЗ ГКБ № 3 г. Иркутска в 2002–2007 годах. 122 больных, оперированных в 2002–2004 годах с использованием общепринятых методик чрескостного остеосинтеза, составили группу клинического сравнения (ГКС). 37 больных, оперированных с учетом разработанной методики, составили основную группу (ОГ). Набор больных в группы производился сплошной выборкой, единственный критерий для исключения из исследования — отсутствие возможности проследить лечение больного до момента прекращения фиксации поврежденного сегмента аппаратом внешней фиксации.

ГКС состояла преимущественно из мужчин (82 пациента — 67,2%). Наиболее многочисленная возрастная группа — от 30 до 39 лет — 34 пациента (27,9%). В наиболее трудоспособном возрасте — от 20 до 59 лет — 105 пациентов (86,1%). Средний возраст — 36 (27–47) лет. Официально работали и/или учились 90 пострадавших (73,8%). Основными причинами травм в данной группе были ДТП — 49 пациентов (40,2%), а также бытовой и уличный травматизм — 58 пострадавших (47,5%). 40 (32,8%) пациентов были в состоянии алкогольного опьянения. Среди пациентов с множественной и сочетанной травмой (45 больных) в ДТП получили травму 33 пострадавших (73,3%).

У 122 пациентов ГКС имелось 126 поврежденных сегментов голени и/или бедра. Наиболее многочисленную группу составили пострадавшие

с переломами диафиза костей голени (111 сегментов у 108 больных) с преобладанием в возрастных группах от 20 до 49 лет (88 пациентов — 72,9 %). 38 (31,1 %) пострадавших поступили в клинику с открытыми переломами костей конечностей. При открытых переломах костей голени и бедра преобладала II степень (по классификации Каплана — Марковой) — 17 пострадавших, что составило 44,7 % от общего числа больных с открытыми переломами. Наиболее частым сочетанием повреждений костей конечностей была черепно-мозговая травма — 32 пациента (26,2 %). Множественные переломы имелись у 23 больных (18,9 %). У 6 больных имелась тупая травма грудной клетки и/или живота (4,9 %). У 10 пострадавших отмечался травматический шок I—III степени (8,2 %). Средние значения индексов тяжести повреждений в группе клинического сравнения следующие: ISS = 9 (9—13); ВПХ-П (МТ) = 1,1 (0,9—2).

Большая часть примененных аппаратов внешней фиксации была спицевого типа (79,3 %). Среди аппаратов, наложенных на голень, доля спицевых аппаратов составляла 90,1 %. На бедре преимущественно применялись стержневые аппараты — 80 %.

ОГ преимущественно состояла из мужчин — 28 (75,7 %) пациентов. Наиболее многочисленная возрастная группа — 20—29 лет — 16 пациентов (43,2 %). 32 человека (86,5 %) — в наиболее трудоспособном возрасте — от 20 до 59 лет. Средний возраст — 29 (23—44) лет. Официально работали и/или учились 29 человек (78,4 %). Основными причинами травм были ДТП — 21 пациент (56,8 %), а также уличный и бытовой травматизм — 9 больных (24,3 %). 13 пациентов (35,1 %) были в состоянии алкогольного опьянения. Среди пациентов с множественной и сочетанной травмой (23 человека) ДТП послужили причиной травм в 7 случаях (30,4 %).

У 37 пациентов имелось 38 поврежденных сегментов голени и/или бедра. Наиболее многочисленную группу составили пострадавшие с переломами диафиза бедренной кости (30 переломов у 29 больных). 8 пострадавших (21,6 %) поступили в клинику с открытыми переломами костей конечностей. Из открытых переломов преобладали переломы II степени — 7 пострадавших (87,5 % от общего числа больных с открытыми переломами). Наиболее частым сочетанным повреждением была черепно-мозговая травма — 20 пациентов (54,1 %). Множественные переломы имелись у 16 больных (43,2 %). У 9 больных тупая травма грудной клетки и/или живота (24,3 %). У 11 пострадавших отмечался травматический шок I—III степени (29,7 %), у 5 больных — жировая эмболия (13,5 %). Средние значения индексов тяжести повреждений в основной группе следующие: ISS = 10 (11—17); ВПХ-П (МТ) = 2,5 (2,05—4,0).

При сравнении обеих групп больных значимых различий по полу-возрастному составу, анамнезу и обстоятельству травмы не выявлено. Обнаружены значимые различия в тяжести повреждений, индексы тяжести повреждений оказались несколько

выше в основной группе ($p < 0,0001$). Данные различия расценены как не противоречащие поставленной цели и задачам исследования.

В схему оценки результатов лечения были включены такие разделы, как воспалительные осложнения со стороны мягких тканей, осложнения, возникшие в результате технических ошибок, нарушения репаративной регенерации, повторная фиксация поврежденного сегмента, длительность первичной госпитализации, длительность фиксации фрагментов в аппарате внешней фиксации, утрата трудоспособности.

При сравнительной оценке лечения больных группы клинического сравнения и основной группы с применением статистического анализа обращает на себя внимание значительный разброс показателей развития воспалительных осложнений: воспаление мягких тканей в разные периоды лечения в ГКС от 8,2 до 44,2 %, в ОГ — от 5,4 до 29,7 %. Значимое различие ($p = 0,004$, $СОР = 63,3$ %) отмечено только в периоде 4—6 месяцев после операции с разницей показателей от 16,2 % в ОГ и 44,2 % в ГКС.

При статистическом анализе технических ошибок выявлено, что в ОГ реже происходило вторичное смещение, деформации, нестабильность отломков (2,7 % в ОГ против 15,6 % в ГКС, $p = 0,046$, $СОР = 82,6$ %), что косвенно подтверждает большую жесткость предлагаемого метода фиксации костных фрагментов. Замедленное сращение наблюдалось значительно реже ($p = 0,028$, $СОР = 50,2$ %) в ОГ (21,6 %), чем в ГКС (43,4 %). Необходимость использовать дополнительный метод фиксации после снятия аппарата внешней фиксации в ОГ (2,7 %) также была значительно реже ($p = 0,0001$), чем в ГКС (37,7 %).

Разница по частоте ложных суставов в ГКС (4,9 %) и ОГ (0 %) статистически незначимая ($p = 0,34$). Разница по частоте остеомиелита в ГКС (7,4 %) и ОГ (0 %) также статистически незначимая ($p = 0,12$). Разница в частоте развития контрактур смежных суставов статистически незначимая как при переломах бедра (92,9 % в ГКС, 96,6 % в ОГ, $p = 1$), так и при переломах голени (24,1 % в ГКС, 0 % в ОГ, $p = 0,2$). По длительности фиксации поврежденного сегмента в аппарате, длительности госпитализации, частоте первичного выхода на инвалидность статистически значимых различий не выявлено.

Таким образом, можно заключить, что компьютерное моделирование аппаратов внешней фиксации с использованием метода конечных элементов является мощным инструментом в руках исследователей, способным обеспечивать высокую точность и достоверность, не уступающую методам натурального моделирования.

На основе моделирования выявлены наиболее рациональные варианты установки стержней, повышающие стабильность АВФ. Клиническая эффективность при применении предложенных компоновок АВФ выражается в снижении частоты воспалительных осложнений на 28 %, вторичных

смещений костных фрагментов — на 12,9 %, замедленного сращения — на 21,8 %, необходимости применения повторной фиксации после снятия АВФ — на 35 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амро Т.А. Лечение переломов костей голени аппаратом внешней фиксации на основе стержней (клинико-экспериментальное исследование). Автореф. ... дис. канд. мед. наук / Т.А. Амро. — Харьков, 2002. — 22 с.
2. Аппарат внешней фиксации для лечения переломов и ложных суставов длинных костей: Патент на изобретение / И.В. Зедгенидзе, В.Г. Виноградов, В.И. Печенюк, В.А. Домашевский и др. — № 2152765 (РФ); приоритет от 06.09.98.
3. Барабаш Ю.А. Оптимизация и стимуляция процессов остеорепарации при хирургическом лечении переломов длинных костей и их последствий. Дис. ... докт. мед. наук / Ю.А. Барабаш. — Иркутск, 2001. — 384 с.
4. Бобровский Н.Г. Лечение переломов длинных костей при тяжелых сочетанных травмах универсальными аппаратами комплекта КСТ-1. Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Н.Г. Бобровский. — СПб., 1996. — 23 с.
5. Бэц Г.В. Применение стержневых аппаратов при лечении переломов костей голени / Г.В. Бэц, В.Г. Рынденко // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1988. — № 7. — С. 7—11.
6. Городниченко А.И. Чрескостный остеосинтез переломов длинных костей стержневыми и спице-стержневыми аппаратами оригинальной конструкции. Автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.И. Городниченко. — М., 2000. — 64 с.
7. Лечение сочетанных переломов длинных костей и костей таза универсальными стержневыми аппаратами комплекта КСТ-1 / Е.К. Гуманенко, Н.Г. Бобровский, Б.А. Плахотников, В.В. Бояринцев // Тез. докл. 6-го съезда травматологов-ортопедов СНГ. — Ярославль, 1993. — С. 57—58.
8. Коваленко Н.А. Стержневой аппарат внешней фиксации для лечения диафизарных переломов длинных костей / Н.А. Коваленко // Ортоп., травмат. и протезир. — 1990. — № 4. — С. 46.
9. Ковтун В.В. Опыт применения аппаратов внешней фиксации при лечении переломов костей конечностей, их последствий и осложнений / В.В. Ковтун, С.П. Макаревич, Н.Н. Карчевный // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1990. — № 10. — С. 36—37.
10. Корж А.А. Внешняя фиксация стержневыми аппаратами / А.А. Корж, Б.А. Осыпив, В.П. Рынденко // Ортопед., травматол. — 1987. — № 7. — С. 61—67.
11. Корж А.А. Особенности остеосинтеза стержневыми компрессионно-дистракционными аппаратами / А.А. Корж, В.Г. Рынденко // Ортопедия, травматология и протезирование. — 1991. — № 4. — С. 1—5.
12. Краснов С.А. Применение внеочагового остеосинтеза у больных с открытыми переломами

- костей голени / С.А. Краснов, В.Э. Дубов, В.Н. Колесников // Вестн. травматол. и ортопед. — 1997. — № 2. — С. 30—33.
13. Миронов С.П. Современный чрескостный остеосинтез в травматологии / С.П. Миронов, А.И. Городниченко // Кремлевская медицина. Клинический вестник. — 2002. — № 4. — С. 7—10.
14. Попсуйшапка А.К. Стержневой аппарат для функционального лечения переломов костей голени / А.К. Попсуйшапка // Ортоп., травмат. и протез. — 1991. — № 7. — С. 52—53.
15. Прогнозирование и профилактика осложнений при лечении аппаратами наружной фиксации / В.И. Шевцов, А.М. Черкашин, Л.В. Скляр, Р.Д. Бородайкевич // Метод Илизарова — достижения и перспективы: Тез. докл. межд. конф. — Курган, 1993. — С. 15—17.
16. Рынденко В.Г. Применение стержневых компрессионно-дистракционных аппаратов (СКИД) при множественных переломах и сочетанных повреждениях / В.Г. Рынденко, Г.В. Бэц, Л.Д. Горидова // Ортоп., травмат. и протез. — 1990. — № 10. — С. 29—32
17. Слободской А.Б. Возможности компьютерного моделирования технологии остеосинтеза при переломах костей нижних конечностей / А.Б. Слободской, Н.В. Островский // Военно-медицинский журнал. — 2003. — № 1, Т. 324. — С. 60—66.
18. Способ лечения перелома длинной кости: Патент на изобретение / В.Г. Виноградов, В.Л. Лапшин, И.В. Зедгенидзе, Б.В. Ивлев и др. — № 2281708 (РФ); приоритет от 20.08.06.
19. Способ лечения перелома длинных костей: Патент на изобретение / В.Г. Виноградов, В.Л. Лапшин, И.В. Зедгенидзе, Б.В. Ивлев и др. — № 2290115 (РФ); приоритет от 27.12.06.
20. Травматология и ортопедия. Руководство для врачей в 3 томах / Под ред. Ю.Г. Шапошникова. — М.: Медицина, 1997. — Т. 2. — 592 с.
21. Усков О.Н. Лечение оскольчатых переломов большеберцовой кости стержневыми и спицестержневыми аппаратами А.И. Городниченко. Дис. ... канд. мед. наук / О.Н. Усков. — М., 2001. — 152 с.
22. Фаддеев Д.И. Ранний металлоостеосинтез закрытых и открытых множественных и сочетанных переломов длинных трубчатых костей / Д.И. Фаддеев. — Смоленск, 1997. — 366 с.
23. Чикунев А.С. Чрескостные аппараты нового поколения на основе стержней / А.С. Чикунев // Стабильный-функциональный остеосинтез в травматологии и ортопедии: Материалы I симпозиума с междунар. участием ассоц. «Остеосинтез» (Киев, 4—6 дек. 1990 г.). — Киев, 1991. — С. 56—57.
24. Чрескостный остеосинтез при лечении множественных и сочетанных повреждений / Г.А. Илизаров, С.И. Швед, В.М. Шигарев, С.Н. Стороженко // Ортопедия, травматология. — 1983. — № 1. — С. 1—4.
25. Чрескостный остеосинтез стержневыми аппаратами при оскольчатых переломах костей голени / А.И. Городниченко, О.Н. Усков,

В.И. Горбатов, А.Ю. Драгунас // Кремлевская медицина. Клинический вестник. — 2002. — № 4. — С. 15–18.

26. The point of view of the clinician: a prospective study of the mechanism of accidents and the morphology of tibial and fibular shaft fractures / R. Johner,

H. Staubli, M. Gunst et al. // Injury. — 2000. — N 31. — P. 45–49.

27. Wu C.C. Tibial shaft malunion treated with reamed intramedullary nailing / C.C. Wu, W.J. Chen, C.H. Shih // Arch. Orthop. Trauma. Surg. — 2000. — Vol. 120, N 3–4. — P. 152–156.