

© М.Б. Негреева, Л.Н. Соломин, 2000

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОПОРОСПОСОБНОСТИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У БОЛЬНЫХ С ПЕРЕЛОМАМИ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ МЕТОДОМ ЧРЕСКОСТНОГО ОСТЕОСИНТЕЗА

М.Б. Негреева, Л.Н. Соломин

Институт травматологии и ортопедии Научного центра реконструктивной и восстановительной хирургии
Сибирского отделения РАМН, Иркутск

Исследована опороспособность нижних конечностей при стоянии и ходьбе у 17 больных с диафизарными переломами костей голени в процессе лечения методом чрескостного остеосинтеза. Установлено, что сразу после выполнения остеосинтеза больные как при стоянии, так и при передвижении с помощью костылей начинают опираться на оперированную конечность. В ходе дальнейшего лечения весовая нагрузка на нее при стоянии изменяется в большей степени, чем продолжительность одиночной опоры при передвижении. К окончанию периода фиксации нагрузка на оперированную конечность в статике приближается к норме, а продолжительность одиночной опоры при ходьбе остается ниже нормы в 1,6 раза. Выделены этапы восстановления опороспособности: I — этап адаптации (с первых дней после операции до 1,5 мес), II — этап стабилизации (с 1,5 мес до окончания периода фиксации). Срок $1,5 \pm 0,2$ мес после операции условно определен как начало стабилизации опороспособности нижних конечностей.

In 17 patients with diaphyseal shin fractures treated by transosseous osteosynthesis the weight bearing ability was studied at standing and walking. Immediately after transosseous osteosynthesis in all patients the weight bearing was shown to be present both at standing and at walking with crutches. Then the weight bearing load on the operated limb at standing was increased to a greater degree compared to the duration of weight bearing on the operated limb at walking. By the end of fixation period the load of weight bearing on the operated limb at standing was almost normal, but the time of weight bearing on the operated limb remained 1.6 times below the norm. The stages of weight bearing ability were distinguished as following: I-st stage - adaptation (immediately after operation up to 1.5 months), II-nd stage - stabilization (from 1.5 months to the end of fixation period). The period from 1.5 months $\pm$ 0.2 months after operation was conditionally defined as the beginning of weight bearing ability.

При лечении переломов методом чрескостного остеосинтеза о динамике восстановления опорной функции судят главным образом по клиническим данным [2, 3, 6]. Биомеханические показатели опорности приводятся лишь в единичных работах [4, 10, 14].

Для оценки опороспособности нижних конечностей у больных с диафизарными переломами костей голени при лечении методом чрескостного остеосинтеза в лаборатории биомеханики нашего института проведены статические и подографические исследования.

Методика исследования

Для определения опороспособности в статике использовался метод Л.П. Николаева [8], дополненный функциональными пробами равномерной [7] и максимальной [5] весовой нагрузки на нижние конечности. При ходьбе для определения продолжительности опоры применялась методика подографии М.Я. Чирскова [13] в модификации Н.Г. Николенко [9].

При проведении статометрических исследований больные не опирались на костыли. Опороспо-

собность оперированной конечности оценивалась величиной безболезненной нагрузки на нее в позе произвольного двуопорного стояния. Затем больному предлагалось встать так, чтобы распределение веса тела на обе ноги приблизилось, по его ощущениям, к нормальному. Для определения максимальной весовой нагрузки на оперированную конечность больному предлагалось перенести на нее максимальный вес тела.

После того как больной становился на весы в соответствии с условиями каждой из функциональных проб, в течение 1 мин проводились измерения весовой нагрузки на оперированную конечность. Данные суммировались и высчитывался средний показатель весовой нагрузки.

С помощью подографии исследовалось передвижение больных с опорой и без опоры (с $1,5 \pm 0,2$ мес после операции) на костыли. Опороспособность оперированной конечности при этом оценивалась временем, в течение которого конечность была способна удерживать вес тела в период одиночной опоры.

Для исключения зависимости статометрических и подографических параметров от индивидуальных характеристик больных (масса тела, рост, пол и пр.) полученные абсолютные величины опороспо-

способности преобразовывали в относительные, выраженные в процентах от веса тела обследуемого (при статометрии), времени всего шага (при подографии). Кроме того, использовали параметр асимметрии [10].

Было обследовано 17 человек с диафизарными переломами костей голени — 11 мужчин и 6 женщин в возрасте от 16 до 64 лет.

Рентгенологически у всех больных выявлено нарушение целостности обеих костей голени. Перелом большеберцовой кости локализовался в средней трети диафиза у 8 пациентов, на границе средней и нижней трети у 6 и в нижней трети у 3. У 3 пострадавших был винтообразный, у 3 — винтообразно-оскольчатый, у 5 — оскольчатый, у 3 — косой, у 3 — косопоперечный перелом.

В дооперационном периоде у всех больных при стоянии весовая нагрузка на травмированную конечность ограничивалась касанием стопы поверхности опоры. Больные передвигались с помощью костылей, не нагружая травмированную ногу (асимметрия опорности конечностей составляла 100%). У всех пациентов движения в коленном и голеностопном суставах травмированной конечности были ограничены лишь болевой реакцией.

Срок с момента травмы до выполнения чрескостного остеосинтеза не превышал 3,5 нед. Репозиция фрагментов во всех случаях была достигнута одновременно на операционном столе.

Биомеханические исследования проводились на 8 ± 1 -й день с момента операции, а также в сроки $0,5 \pm 0,1$, $0,9 \pm 0,1$, $1,5 \pm 0,2$, $2,6 \pm 0,6$ мес после операции и перед демонтажом аппарата внешней фиксации — в среднем через $3,6 \pm 0,3$ мес.

Результаты

Результаты исследования статической опороспособности оперированной конечности представлены на рис. 1.

К концу 1-й — началу 2-й недели после операции нагрузка на оперированную конечность при стоянии составляла в среднем 19,8% от веса тела больного. При этом индивидуальные показатели нагрузки варьировали в пределах 9,6–36,5%. Большинство больных (15) не могли выполнить функциональную пробу равномерной нагрузки нижних конечностей. Лишь отдельным пациентам удавалось кратковременно (до 5 с) увеличить нагрузку на оперированную конечность до величины, превышающей нагрузку при привычном стоянии в среднем в 2 раза.

Через $0,5 \pm 0,1$ мес после операции нагрузка на оперированную конечность увеличивалась по сравнению с исходной незначительно (на 6,3%). Сохранялся большой разброс индивидуальных показателей. Максимальная нагрузка на оперированную конечность увеличивалась на 9,6% и превышала нагрузку при произвольном стоянии в 2 раза.

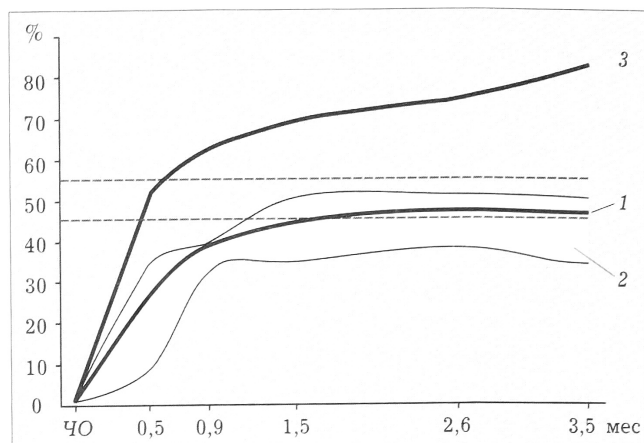


Рис. 1. Динамика статической опороспособности оперированной конечности в ходе лечения методом чрескостного остеосинтеза. Пунктиром указаны границы нормальных значений.

По оси абсцисс — продолжительность периода фиксации (в мес), ЧО — чрескостный остеосинтез; по оси ординат — величина нагрузки (в %).

1 — нагрузка на оперированную конечность в основной стойке (в среднем по исследуемой группе); 2 — индивидуальные показатели нагрузки в основной стойке (светлый «коридор»); 3 — максимальная нагрузка на оперированную конечность при функциональных пробах.

К окончанию 1-го месяца после операции нагрузка на оперированную конечность возрастала по сравнению с исходной почти в 2 раза (индивидуальные показатели — от 34 до 40%). Функциональную пробу равномерной нагрузки нижних конечностей выполняли уже более половины больных (13). Максимальная нагрузка на оперированную конечность была в 1,6 раза больше, чем при произвольном стоянии.

Через 1,5 мес после операции нагрузка на оперированную конечность увеличивалась в среднем до 44,2%. При исследовании равномерной весовой нагрузки на нижние конечности оперированная конечность нагружалась на 48,5%. Максимальная нагрузка на нее была в 1,6 раза больше, чем при произвольном стоянии.

В дальнейшем положительная динамика показателей опороспособности оперированной конечности сохранялась. К окончанию периода фиксации, непосредственно перед демонтажом аппарата, нагрузка на оперированную конечность составляла 46,6%. При проведении функциональной пробы у всех больных распределение веса на нижние конечности приближалось к нормальному, на оперированную конечность приходилось в среднем 49,4% от веса тела. Максимальная нагрузка на оперированную конечность была в 1,8 раза больше, чем при произвольном стоянии. Кроме того, все больные могли полностью перенести вес тела на оперированную конечность.

Результаты подографических исследований опороспособности оперированной конечности при передвижении больных представлены на рис. 2.

На 8 ± 1 -й день после выполнения чрескостного остеосинтеза при передвижении больных с помощью костылей продолжительность одноопорного периода шага оперированной конечности составляла 16,6% от времени всего шага. Снижение опороспособности оперированной конечности компенсировалось увеличением продолжительности двухопорного периода ходьбы (44,8%) и одноопорного периода шага здоровой конечности (38,6%).

В течение 1-го месяца периода фиксации показатели опороспособности оперированной конечности изменялись по сравнению с исходными незначительно. К концу 1-го месяца продолжительность одноопорного периода шага оперированной конечности увеличивалась на 4,6%. При этом она оставалась меньше аналогичного показателя здоровой конечности, составлявшего 39,4%. Двухопорный период ходьбы составлял 39,5% от времени всего шага.

Через 1,5 мес после операции исследования проводились в двух вариантах: при использовании больными костылей и без них. При передвижении с помощью костылей продолжительность одноопорного периода шага оперированной конечности увеличивалась (25,2%), а здоровой — сокращалась (33,8%). Двухопорный период ходьбы составлял 41,5% от времени всего шага.

При передвижении больных без костылей уменьшалась продолжительность одноопорного периода шага оперированной (14,0%), и здоровой (28%) конечностей, а двухопорный период ходьбы увеличивался (57,8%).

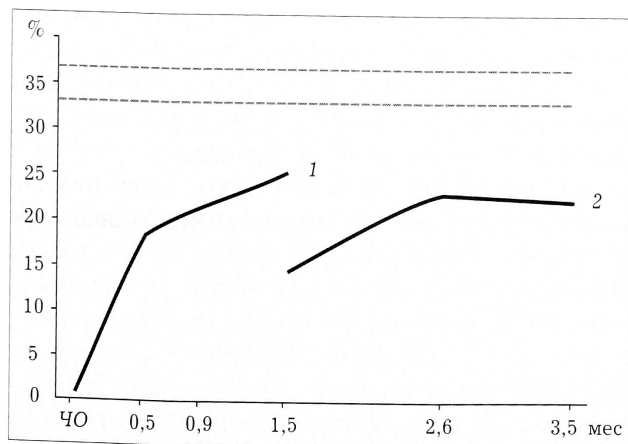


Рис. 2. Динамика продолжительности одноопорного периода шага оперированной конечности при передвижении больных с помощью костылей (1) и без костылей (2). Пунктиром указаны границы нормальных значений.

По оси абсцисс — продолжительность периода фиксации (в мес), ЧО — чрескостный остеосинтез; по оси ординат — продолжительность периодов опоры (в %).

К $2,6 \pm 0,6$ мес после операции при передвижении без костылей показатели опороспособности нижних конечностей возрастали. Продолжительность одноопорного периода шага увеличивалась как на стороне оперированной (22,9%), так и на стороне здоровой конечности (35,3%). Продолжительность двухопорного периода ходьбы сокращалась (42%).

К окончанию периода фиксации при передвижении без костылей одноопорный период шага оперированной конечности составлял 22,2%, здоровой конечности — 30,8%, двухопорный период ходьбы — 45,8%.

Обсуждение

Обсуждение результатов биомеханического обследования больных при лечении аппаратом внешней фиксации целесообразно начать с оценки восстановления статической опороспособности нижних конечностей. Установлено, что уже к окончанию 1-й — началу 2-й недели после чрескостного остеосинтеза больные при стоянии могут в разной степени опираться на оперированную конечность. Через $0,5 \pm 0,1$ мес нагрузка на оперированную конечность продолжает увеличиваться.

Имеется существенный разброс показателей нагрузки на оперированную конечность в ранние сроки лечения. По нашему мнению, это можно объяснить индивидуальным привыканием пациентов к фиксации сломанной кости чрескостным аппаратом. Наблюдение за больными показало, что немаловажное значение имеет психологический фактор, а именно неверие пациента в возможность безболезненной нагрузки оперированной конечности. При этом оценка функциональных проб выявляла резервные возможности увеличения опороспособности.

К концу 1-го месяца лечения «коридор» индивидуальных показателей нагрузки на оперированную конечность сужается — поднимается его нижняя граница. Через 1,5 мес верхняя граница индивидуальных показателей нагрузки на оперированную конечность поднимается до функциональной нормы. При проведении функциональных проб больные могут равномерно нагрузить нижние конечности. Все это, по нашему мнению, свидетельствует о завершении периода приспособления к нагрузке на оперированную конечность. В дальнейшем нагрузка на оперированную ногу приближается к функциональной норме и стабилизируется в ее пределах до окончания периода фиксации.

Анализ результатов подографических исследований показывает, что к окончанию 1-й — началу 2-й недели после чрескостного остеосинтеза больные при передвижении с помощью костылей начинают приступать на оперированную ногу. При этом продолжительность одиночной

опоры по сравнению со здоровой конечностью и нормой снижена более чем в 2 раза.

Через $0,5 \pm 0,1$ мес после операции показатели опороспособности оперированной конечности при передвижении повышаются незначительно. Очевидно, в этот период происходит, как указывалось выше, адаптация (психологическая — в том числе) больных к чрескостному аппарату. Наилучшие результаты были достигнуты у больных, которые заинтересованно обучались восстановлению походки под контролем биомеханических тестов. К концу месяца показатели опороспособности оперированной конечности у них повышались (продолжительность одноопорного периода шага в среднем до 27,1%, двухопорного периода шага — до 32,8%).

У части пациентов — как правило, лиц с отягощенным социальным статусом, невозможность (с их слов) наступить на ногу не подтверждалась объективными биомеханическими тестами. Именно у них при исследовании были получены худшие результаты.

Через 1,5 мес после операции больные при передвижении начинали полностью переносить вес тела на оперированную конечность. Об этом свидетельствует возможность ходьбы без костылей. Снижение опороспособности оперированной конечности при ходьбе без костылей, отраженное на рис. 2, является относительным. Передвигаясь при помощи костылей, больные увеличивали опору на оперированную конечность только потому, что часть веса тела перераспределяли на костыли.

Важно отметить, что переход больных к ходьбе без костылей следует за увеличением статической опороспособности оперированной конечности. Поэтому срок $1,5 \pm 0,2$ мес после операции мы условно определяем как начало стабилизации опорности оперированной конечности. Под стабилизацией опорности мы понимаем сохранение опорности конечности на относительно постоянном максимальном уровне. Термин «относительно постоянный максимальный уровень» означает, что этот уровень высок относительно предыдущих показателей опорности, устойчив и не снижается. В наших исследованиях такой уровень характеризуется опороспособностью оперированной конечности при стоянии 44,2–46,6% от веса тела, при ходьбе — 22,2–22,9% от продолжительности всего шага.

Отдельного рассмотрения заслуживает динамика асимметрии опорности нижних конечностей. На рис. 3 показано, что после операции асимметрия опорности нижних конечностей начинает уменьшаться и при стоянии (в основной стойке), и при ходьбе (с помощью двух костылей). Кривые, характеризующие асимметрию

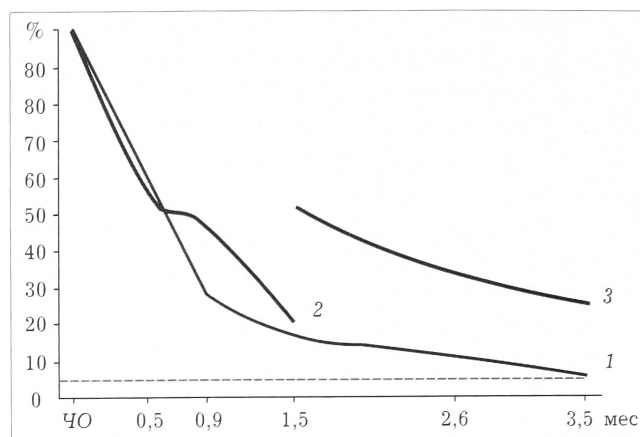


Рис. 3. Динамика асимметрии опорности нижних конечностей при стоянии (1) и ходьбе с помощью костылей (2) и без костылей (3). Пунктиром указана граница функциональной асимметрии.

По оси абсцисс — продолжительность периода фиксации (в мес), ЧО — чрескостный остеосинтез; по оси ординат — асимметрия опорности нижних конечностей (в %).

опорности конечностей в статике и при ходьбе, располагаются почти рядом с начала и до 1,5 мес периода фиксации. Это также связано с тем, что больные при ходьбе перераспределяют нагрузку на здоровую конечность и, в большей степени, на костыли. Именно этим и обусловлено снижение асимметрии опорности нижних конечностей при ходьбе в начале периода фиксации. Поэтому с переходом к ходьбе без костылей асимметрия при ходьбе увеличивается. С 1,5 мес кривые, характеризующие асимметрию опорности нижних конечностей в статике и при ходьбе, располагаются параллельно, но на расстоянии друг от друга. К окончанию периода фиксации асимметрия при ходьбе еще сохраняется, тогда как в статике она приближается к функциональной.

К концу периода фиксации все больные могли пройти без костылей с полной нагрузкой на оперированную конечность. При этом продолжительность одиночной опоры на оперированную конечность оказывалась уменьшенной относительно нормы в 1,6 раза. Уменьшение продолжительности одиночной опоры на оперированную конечность компенсировалось главным образом увеличением двухопорного периода ходьбы (последний больше нормы в среднем в 1,6 раза). Продолжительность одноопорного периода шага здоровой конечности приближалась к норме. Отмеченное у некоторых больных уменьшение показателей опороспособности оперированной конечности в конце периода фиксации может быть связано с умышленным снижением несущей способности аппарата внешней фиксации при проведении клинической пробы на сращение перелома.

Биомеханическую оценку опороспособности оперированной конечности можно заключить следующим. Сразу после выполнения чрескостного остеосинтеза больные как при стоянии, так и при передвижении с помощью костылей начинают опираться на оперированную конечность. Однако в ходе дальнейшего лечения опороспособность оперированной конечности при стоянии и ходьбе изменяется неодинаково. Весовая нагрузка на оперированную конечность при стоянии увеличивается по сравнению с исходной в большей степени, чем продолжительность одиночной опоры на нее при передвижении. И если к окончанию лечения нагрузка на оперированную конечность в статике нормализуется, то при ходьбе продолжительность одиночной опоры остается ниже нормы.

Снижение показателей опороспособности оперированной конечности при передвижении связано с рядом причин. Важнейшими, по нашему мнению, являются фиксирующее влияние чрескостных элементов на кожно-фасциально-мышечные структуры [1, 11] и сравнительно невысокие показатели жесткости фиксации костных фрагментов аппаратом Илизарова [12].

Выводы

1. При лечении диафизарных переломов костей голени методом чрескостного остеосинтеза на протяжении периода фиксации можно условно выделить два этапа восстановления опороспособности оперированной конечности: I — этап приспособления к опоре на оперированную конечность в условиях фиксации сломанной кости чрескостным аппаратом (продолжительность — с первых дней после операции до 1,5 мес); II — этап стабилизации опорности оперированной конечности (продолжительность — с 1,5 мес до окончания периода фиксации).

2. Опороспособность оперированной конечности в статике увеличивается в большей степени, чем продолжительность одиночной опоры на нее при ходьбе. К окончанию периода фиксации опороспособность конечности, восста-

навливаясь в статике до нормы, при передвижении остается сниженной в 1,6 раз по сравнению с нормой.

3. Одним из путей повышения эффективности лечения переломов костей голени методом чрескостного остеосинтеза является коррекция реабилитационных мероприятий с учетом данных биомеханических исследований, проводимых в динамике.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Барабаш А.П., Соломин Л.Н. //Травматол. ортопед. России. — 1995. — N 4. — С. 52-56.
2. Бурматов Е.А., Голубь С.Н. //Гений ортопедии. — 1996. — N 2-3. — С. 32-33.
3. Кочнев В.Л. //Там же. — С. 43-44.
4. Кудрин Б.И., Голиков В.Д. //Ортопед. травматол. — 1977. — N 1. — С. 41-45.
5. Мителева З.М. и др. //Методы повышения информативности статографических исследований в травматологии и ортопедии: Тезисы докладов II Всесоюз. конф. — Рига, 1979. — Т. 4. — С. 46-48.
6. Мухаметов Ф.В. и др. //Гений ортопедии. — 1996. — N 2-3. — С. 50-51.
7. Мякотина Л.И., Розенштейн Б.С., Ваганова И.П. //Вопросы биомеханики в травматологии и ортопедии. — Л., 1978. — Вып. 15. — С. 3-9.
8. Николаев Л.П. Руководство по биомеханике в применении к ортопедии. — Киев, 1947. — Т. 1.
9. Никоненко Н.Г. //Протезирование и протезостроение. — М., 1960. — Вып. 2. — С. 117-121.
10. Скворцов Д.В. Клинический анализ движений. Анализ походки. — Иваново, 1996.
11. Соломин Л.Н. Управляемый комбинированный остеосинтез длинных костей: разработка, обоснование, клиническое применение: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. — Иркутск, 1996.
12. Тишков Н.В. Лечение закрытых диафизарных переломов костей голени методом чрескостного остеосинтеза в регионе с малой плотностью населения: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Иркутск, 1995.
13. Чирсков М.Я. //III Науч. сессия ЦНИИПП. — М., 1952. — С. 49-52.
14. Щуров В.А., Горбачева Л.Ю. //Тезисы докладов III Всерос. конф. по биомеханике. — Н. Новгород, 1996. — Т. 2. — С. 202-203.

