



УДК 612.76:616.718.16/.19–001

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ ТАЗА

О.Д. Давыдов, И.Л. Шлыков, Н.Л. Кузнецова

Федеральный государственный университет, Уральский научно-исследовательский институт имени В.Д. Чаклина Минздравсоцразвития России, Россия, 620014, Екатеринбург, переулок Банковский, 7, e-mail: davod09@yandex.ru

Аннотация. С помощью многокритериального биомеханического исследования проведена сравнительная оценка функциональных исходов хирургического и консервативного лечения 50 пациентов с повреждениями костей таза. Исследование включало следующие методики: определение опороспособности нижних конечностей, подографию, гониографию, определение опорных реакций стоп, осциллографию угловых отклонений таза и плечевого пояса в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Сроки исследования составили 6 месяцев, 1 год и 2 года после проведенного лечения. Выполненное биомеханическое исследование выявило объективные признаки более полного восстановления функциональных возможностей опорно-двигательного аппарата пациентов с повреждениями костей таза в сроки 6–12 месяцев после чрескостного остеосинтеза. У пациентов со стабильными переломами костей таза, пролеченных консервативно, достигается нестойкое улучшение основных биомеханических показателей, характеризующих локомоторный акт передвижения лишь в срок 12 месяцев после лечения. При консервативном лечении больных с нестабильными переломами костей таза функция ходьбы не восстанавливается.

Ключевые слова: переломы костей таза, биомеханическое исследование, опорно-двигательный аппарат, чрескостный остеосинтез.

ВВЕДЕНИЕ

Переломы костей таза встречаются в 7–10% случаев закрытой травмы с переломами костей, а в 15–36,8% тяжелые переломы таза сочетаются с повреждениями органов брюшной полости и малого таза. Публикуется большое количество работ, в которых основной акцент делается на выявление клинических проявлений и рентгенологической классификации переломов костей таза [1, 2]. Оценка полученных результатов лечения проводится в основном с применением рутинных клинического и рентгенологического методов исследования [3, 4]. Вместе с тем, не уделено должного внимания изучению функционального состояния опорно-двигательного аппарата у тех пациентов с травмами таза, которые сохранили возможность самостоятельного передвижения. Имеются лишь единичные работы, посвященные биомеханической оценке лечения переломов костей таза [5]. Но в них не приводится динамика восстановительного процесса с функциональных позиций после проведенного лечения.

© Давыдов О.Д., Шлыков И.Л., Кузнецова Н.Л., 2011

Давыдов Олег Дмитриевич, к.м.н., заведующий лабораторией компьютерных технологий и биомеханики, Екатеринбург

Шлыков Игорь Леонидович, к.м.н., директор института травматологии и ортопедии, Екатеринбург

Кузнецова Наталья Львовна, д.м.н., профессор, заместитель директора института травматологии и ортопедии по науке, Екатеринбург

Не разработаны критерии, по которым можно прогнозировать восстановительный период и его сроки при тяжелых травмах [6–7].

Цель исследования – с помощью многопараметрического биомеханического исследования провести сравнительную оценку функциональных исходов хирургического и консервативного лечения пациентов с повреждениями костей таза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 50 больных с застарелыми повреждениями костей таза. Критериями отбора были наличие остаточных смещений в передних и задних отделах таза в пределах 1–2 см, отсутствие повреждений нижних конечностей, грубых последствий сочетанной травмы, нейропатий. 25 пациентов прооперировано способом чрескостного остеосинтеза, из них 10 со стабильными и 15 с нестабильными переломами. 25 пациентам проведено консервативное лечение, из них 13 со стабильными и 12 с нестабильными переломами. Многокритериальное биомеханическое исследование включало следующие методики: определение опороспособности нижних конечностей, подографию, гониографию, определение опорных реакций стоп, осциллографию угловых отклонений таза и плечевого пояса в сагиттальной и фронтальной плоскостях. Сроки исследования составили 6 месяцев, 1 год и 2 года после проведенного лечения. 29 больным, сохранившим способность самостоятельного передвижения без средств внешней опоры, биомеханическое исследование было проведено до начала лечения.

Статистический анализ данных проведен согласно общепринятым методам с использованием программы *STATISTICA* 6.0. Сравнительный анализ количественных признаков выполнялся с помощью критерия Стьюдента (при сравнении двух групп). Для всех статистических расчётов ошибка первого рода (α) устанавливалась равной 0,05. Нулевая гипотеза (отсутствие различий) отвергалась, если вероятность (p) не превышала α .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Биомеханические нарушения у больных до лечения

В биомеханическом статусе больных определялись выраженные нарушения функционального состояния опорно-двигательного аппарата в статике и при ходьбе. Привычное стояние характеризовалось сгибательной установкой в коленных и тазобедренных суставах обеих нижних конечностей, уменьшением угла наклона плечевого пояса кпереди до $10,40 \pm 2,17^\circ$ при норме $12,00 \pm 0,50^\circ$ и таза до $19,00 \pm 2,42^\circ$ при норме $18,00 \pm 0,30^\circ$. Выявлено неравномерное распределение нагрузки на нижние конечности, которое количественно оценивалось коэффициентом асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости. У всех 29 исследуемых больных коэффициент асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости был снижен, среднее его значение составило $0,79 \pm 0,09$ ($p < 0,05$; норма – $1,00 \pm 0,05$).

Достоверно выраженные статические нарушения выявлены в распределении веса тела на передние и задние отделы стоп, которые количественно оценивались с использованием коэффициента асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости. Среднее значение коэффициента асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости составило $1,42 \pm 0,23$ ($p < 0,05$; норма – $1,95 \pm 0,05$), что свидетельствовало о значительной перегрузке передних отделов стоп. Суммарно значения коэффициента асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости и коэффициента асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости свидетельствовали о смещении общего центра масс кпереди и в сторону более нагружаемой здоровой конечности.

Исследование временных и пространственных характеристик ходьбы пациентов с повреждением костей таза выявило существенные отличия от нормы. Темп ходьбы был замедлен, его значения составляли 75–85 шагов в минуту (при норме 100–110 шагов в минуту). Длина шага была укорочена до $52,67 \pm 3,23$ см на стороне менее нагружаемой нижней конечности и до $55,20 \pm 2,65$ на стороне контрлатеральной конечности ($p < 0,05$; норма – $70,00 \pm 2,00$ см). Соответственно этим двум показателям в 1,58 раза была снижена скорость ходьбы, ее средние значения достигали $0,83 \pm 0,08$ м/с ($p < 0,05$; норма – $1,30 \pm 0,20$ м/с).

Во всех случаях наблюдений зарегистрированы изменения временной структуры шага: укорочение фаз перекатов через передние отделы стоп (опора на носок) и перекатов через задний отдел стопы менее нагружаемой конечности (опора на пятку), удлинение фаз опоры на всю стопу, а также двуопорных периодов. При этом одностороннее увеличение одноопорных периодов более нагружаемой нижней конечности способствовало компенсаторной разгрузке противоположной конечности (на стороне травматического повреждения костей таза).

На стороне менее нагружаемой конечности наблюдалось достоверное снижение амплитуды движений в тазобедренном суставе до $18,62 \pm 1,58^\circ$ ($p < 0,05$; норма – $23,20 \pm 0,40^\circ$), а в одноименном суставе противоположной конечности увеличение амплитуды движений до $24,65 \pm 1,98^\circ$. В коленных суставах у всех больных зарегистрировано достоверное снижение амплитуды движений, эти значения составили $43,30 \pm 4,49^\circ$ для менее нагружаемой конечности и $50,84 \pm 3,67^\circ$ для более нагружаемой конечности ($p < 0,05$; норма – $62,48 \pm 0,40^\circ$).

Сравнительный анализ экстремальных значений вертикальной составляющей реакции (R_z) в исследовании опорных реакций стоп выявил статистически достоверные отличия у больных с повреждением костей таза по сравнению с нормативными показателями. Установлено двустороннее асимметричное снижение величины переднего и заднего толчков – на стороне менее нагружаемой конечности до $101,2 \pm 1,21\%$ и $98,21 \pm 1,81\%$ соответственно. На стороне более нагружаемой конечности эти показатели составили $104,51 \pm 1,33\%$ и $103,31 \pm 1,23\%$. Наряду с этим минимум реакции опоры на всю стопу повышался по сравнению с нормой до $88,44 \pm 2,20\%$ и $88,77 \pm 1,86\%$, что свидетельствовало об ослаблении участия инерционных и реактивных сил в построении локомоторных движений.

При осциллографическом исследовании сегментов туловища в акте ходьбы зарегистрировано достоверное увеличение угловых отклонений таза и плечевого пояса в сагиттальной плоскости в одноопорные периоды шага при движении менее нагружаемой конечностью до $3,67 \pm 0,24^\circ$ и $7,00 \pm 0,69^\circ$, а на противоположной стороне до $4,13 \pm 0,26^\circ$ и $8,47 \pm 0,81^\circ$ соответственно. В то же самое время обращает на себя внимание отсутствие выраженных колебаний плечевого пояса и таза как во фронтальной плоскости, так и в двуопорные периоды шага в сагиттальной плоскости. У пациентов с повреждениями костей таза проявляются противоположные компенсаторные приспособительные механизмы, направленные на уменьшение амплитуд колебаний плечевого пояса и таза в эти ответственные моменты локомоции с основной целью – уменьшения подвижности поврежденных отделов костей таза и ослаблением болевого синдрома. Это согласуется с клиническими проявлениями степени повреждения костей таза и свидетельствует о выработке щадящего стереотипа ходьбы.

Выявлены характерные нарушения функционального состояния опорно-двигательного аппарата.

– Привычное стояние сопровождается сгибательной установкой в коленных суставах, перегрузкой передних отделов стоп и нижней конечности, противоположной стороне повреждения костей таза.

– Скорость ходьбы снижена на 36%, а длина шага укорочена на 25% от нормы. Темп ходьбы замедлен до 70–80 шагов в минуту (норма 100–110 шагов в минуту).

– Перераспределение временной структуры ходьбы сопровождается сокращением фаз перекатов через передние отделы стоп. Параллельно увеличению продолжительности двойного шага увеличены фазы опоры на всю стопу, двуопорные периоды с двух сторон и одноопорный период более нагружаемой конечности, что указывает на снижение устойчивости пациентов при передвижении.

– Неравномерное снижение силы задних толчков менее нагружаемой конечностью до величины 94% от нормы (101,20% от веса тела), а более нагружаемой конечностью до 97% от нормы (104,51% от веса тела). Ослабление толчковой функции обеих ног при замедлении скорости ходьбы и снижении амплитуды движений в коленных суставах являлось щадящим компенсаторным механизмом погашения ударных воздействий толчковых реакций на тазовый пояс.

– Снижение угловых отклонений плечевого пояса и таза в сагиттальной плоскости в двуопорные периоды шага при замедленном темпе ходьбы – компенсаторный приспособительный механизм.

Оценка эффективности консервативного и хирургического лечения при стабильных повреждениях костей таза

Через 6 месяцев после чрезкостного остеосинтеза у пациентов со стабильными повреждениями костей таза регистрировалось улучшение опороспособности нижних конечностей, выражающееся в более равномерном распределении веса тела на конечности и уменьшении перегрузки передних отделов стоп. Коэффициент асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости составил $0,90 \pm 0,14$, достоверно не отличаясь от нормы ($p > 0,05$), через 1 год его значение было $0,97 \pm 0,22$, а через 2 года после операции сохранялось достигнутое улучшение – $0,98 \pm 0,17$. У пациентов со стабильными повреждениями костей таза после консервативного лечения зарегистрировано достоверное отличие этого показателя от нормы ($p < 0,05$). Коэффициент асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости в этой группе составлял в соответствующие сроки исследования $0,88 \pm 1,15$, $0,86 \pm 0,05$ и $0,83 \pm 3,7$, имея тенденцию к неуклонному снижению.

У пациентов после чрезкостного остеосинтеза отмечено значительное, хотя и неполное уменьшение перегрузки передних отделов стоп. Коэффициент асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости в сроки исследования 6 месяцев, 1 год и 2 года после операции составил соответственно $1,60 \pm 0,26$, $1,79 \pm 0,46$ и $1,64 \pm 0,19$. В группе консервативно пролеченных больных величина коэффициента асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости составила $1,31 \pm 0,25$, $1,36 \pm 0,13$ и $1,47 \pm 0,10$.

Применение хирургического способа лечения обеспечило более полное восстановление опороспособности нижних конечностей у больных со стабильными переломами костей таза в сравнении с консервативным способом лечения. Через 6 месяцев после лечения в обеих группах выявлено улучшение временных и пространственных характеристик передвижения: увеличивались длина шага, скорость и темп ходьбы, уменьшалась продолжительность двойного шага. Отмечена тенденция к восстановлению времени переката через передний и задний отделы стоп, а также опоры на всю стопу. Наряду с этими изменениями уменьшилась асимметрия одноименных показателей фаз и периодов шага для правой и левой нижних конечностей. Кроме того, нормализовался коэффициент ритмичности.

Скорость передвижения пациентов после чрескостного остеосинтеза через 6 месяцев после операции составила 0,91 м/с, через 1 год – 1,25 м/с, а через 2 года – 1,22 м/с (норма – 1,31 м/с). Таким образом, улучшение скоростных параметров ходьбы было отмечено через 1 год после лечения и достигнутое улучшение стойко сохранялось в позднем послеоперационном периоде. У пациентов после консервативного лечения значения этого показателя составило соответственно 0,8–0,94–0,95 м/сек, значительно отличаясь от нормы.

Продолжительность двойного шага у пациентов после чрескостного остеосинтеза также нормализовалась к сроку 1 год после операции, величина его составила 1,22 с ($p > 0,05$; норма – 1,22 с). В группе пациентов после консервативного лечения в этот же срок исследования отмечена тенденция к восстановлению показателя до 1,29 с, но в более отдаленном периоде зарегистрировано ухудшение продолжительности двойного шага до 1,49 с.

Величина заднего толчка, совершаемого менее нагружаемой конечностью, у пациентов после чрескостного остеосинтеза постепенно возрастала. Через 6 месяцев после операции значение данного показателя составило 107,9% от веса тела, через 1 год – 106,8%, а через 2 года после лечения – 107,1%. У пациентов после консервативного лечения наблюдалась обратная тенденция. Величина задних толчков менее нагружаемой конечностью, равная 106,4% от веса тела, в срок исследования 6 месяцев после консервативного лечения снижалась до 105,5% и была равна 105,4% в более поздние сроки исследования.

Величина заднего толчка, совершаемого более нагружаемой конечностью, в группе пациентов после чрескостного остеосинтеза через 6 месяцев после операции составила 108,7% от веса тела, через 1 год – 108,2%, а через 2 года после лечения – 107,0%. Аналогичные показатели у пациентов после консервативного лечения составили соответственно 106,8–106,2–105,1%.

Выявлено характерное межгрупповое различие при исследовании угловых отклонений тазового пояса в сагиттальной плоскости в одноопорные периоды шага. Увеличенные относительно нормы ($2,05^\circ$) отклонения тазового пояса в одноопорные периоды через 6 месяцев после лечения были выявлены как у пациентов после чрескостного остеосинтеза ($4,39$ – $4,32^\circ$), так и у пациентов после консервативного лечения ($5,89$ – $5,33^\circ$). Но через 1 год после чрескостного остеосинтеза этот показатель достиг нормальных величин с сохранением результата в более поздний срок исследования. У пациентов после консервативного лечения величина угловых отклонений тазового пояса в одноопорные периоды шага возрастала через 1 год до $6,89$ – $6,5^\circ$, а через 2 года – до $7,53$ – $7,13^\circ$.

Сравнительная оценка результатов лечения больных с повреждениями костей таза показала, что более полное восстановление биомеханических показателей было у пациентов, оперированных с применением чрескостного остеосинтеза. Оптимально возможное улучшение функционального состояния опорно-двигательного аппарата регистрировалось через 1 год после операции, а достигнутые результаты лечения сохранялись в отдаленном периоде исследования.

Оценка эффективности консервативного и хирургического лечения при нестабильных повреждениях костей таза

У пациентов с нестабильными повреждениями костей таза через 6 месяцев после чрескостного остеосинтеза регистрировалось улучшение опороспособности нижних конечностей. Коэффициент асимметрии статической нагрузки во фронтальной плоскости в этот срок исследования составил 0,89, через 1 год его значение было 0,96, через 2 года после операции этот показатель снизился до 0,91. У пациентов после консервативного лечения зарегистрировано достоверное отличие этого показателя от

нормы ($p < 0,05$) во все сроки исследования, его значение составило соответственно 0,82, 0,72 и 0,73, имея тенденцию к неуклонному снижению.

Коэффициент асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости у пациентов после чрескостного остеосинтеза в сроки исследования 6 месяцев, 1 год и 2 года составил соответственно 1,70, 1,67 и 1,65. В группе пациентов после консервативного лечения величина коэффициента асимметрии статической нагрузки в сагиттальной плоскости составила $1,07 \pm 0,25$, $1,15 \pm 0,13$ и $1,43 \pm 0,1$, значительно отличаясь от нормы, что свидетельствовало о сохранении нарушения опороспособности нижних конечностей. Через 6 месяцев после лечения у пациентов обеих групп отмечена перестройка фаз и периодов шага с сохранением асимметрий одноименных показателей у пациентов после консервативного лечения. Коэффициент ритмичности ходьбы у данной категории больных восстанавливался лишь в срок 2 года после лечения.

Скорость передвижения больных через 6 месяцев после чрескостного остеосинтеза составила 0,94 м/с ($p > 0,05$), через 1 год – 1,21 м/с, а через 2 года – 1,19 м/с (норма – 1,31 м/с). У пациентов контрольной группы регистрировалось значительное снижение этого показателя 0,79–0,69–0,72 м/с соответственно срокам исследования.

Продолжительность двойного шага улучшалась через 1 год после чрескостного остеосинтеза, величина его составила 1,30 с ($p > 0,05$, норма – 1,22 с). В контрольной группе восстановления данного показателя не отмечалось, а в отдаленном периоде после консервативного лечения отмечено ухудшение продолжительности двойного шага до 1,55 с.

При изучении динамических характеристик ходьбы выявлено постепенное нарастание величины заднего толчка менее нагружаемой конечностью у пациентов после чрескостного остеосинтеза. Через 6 месяцев после операции значение данного показателя составило 105,3%, через 1 год – 106,1%, а через 2 года после лечения – 106,5% от веса тела. У пациентов контрольной группы отмечено менее интенсивное восстановление величины задних толчков менее нагружаемой конечностью, равное 101,6%, 101,3% и 104,8% от массы тела.

Динамика заднего толчка, совершаемого более нагружаемой конечностью, через 6 месяцев после чрескостного остеосинтеза составила 107,4% от веса тела, через 1 год – 108,4%, а через 2 года после лечения – 108,7%. Аналогичные показатели у пациентов контрольной группы составили соответственно 105,2–106,2–102,3%.

Отмечено значительное увеличение угла наклона тазового пояса во фронтальной плоскости в сторону более нагружаемой конечности у пациентов после консервативного лечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное биомеханическое исследование выявило объективные признаки более полного восстановления функциональных возможностей опорно-двигательного аппарата пациентов с повреждениями костей таза в сроки 6–12 месяцев после чрескостного остеосинтеза. У пациентов со стабильными переломами костей таза, пролеченных консервативно, достигается нестойкое улучшение основных биомеханических показателей, характеризующих локомоторный акт передвижения лишь в срок 12 месяцев после лечения. При консервативном лечении больных с нестабильными переломами костей таза функция ходьбы не восстанавливается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесников Ю.П., Свиридов А.И. Особенности диагностики и лечения переломов костей таза с нарушением непрерывности тазового кольца // Реабилитация больных с повреждениями и заболеваниями костей таза: Новые технологии в лечении повреждений и заболеваний опорно-двигательной системы: материалы республиканской науч.-практ. конф., Екатеринбург–Ревда, 17–18 сентября 2003 г. – Екатеринбург: Изд-во УРГУ, 2003. – С. 64–66.
2. Корнилов Б.М., Карелкин В.В., Гаврилов О.Н. Хирургическая тактика при застарелых повреждениях таза // Успехи здравоохранения в реформировании ортопедо-травматологической службы: сб. работ, посвященный 60-летию Победы в Великой Отечественной войне. – Курган, Челябинск, 2005. – С. 161–162.
3. Лазарев А.Ф. Оперативное лечение повреждений таза: автореф. дис. ... д-ра мед. наук – М., 1992. – 39 с.
4. Лобанов Г.В. Внеочаговый остеосинтез нестабильных повреждений таза (анатомическое, биомеханическое и клиническое обоснование): автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – Киев, 2001. – 31 с.
5. Пичхадзе И.М. Преимущества аппарата Пичхадзе для монополярной и полиполярной фиксации костных фрагментов длинных костей и костей таза // Сб. тез. Всерос. науч.-практ. конф., посвященная памяти профессора К.М. Сиваша, Москва, 17–18 мая 2005 года. – М., 2005. – С. 287.
6. Gardner M.J., Kendoff D., Ostermeier S. Sacroiliac joint compression using an anterior pelvic compressor: a mechanical study in synthetic bone // J. Orthop. Trauma. – 2007. – Vol. 21 (7). – P. 435–441.
7. Vanderschot P., Meuleman C., Lefevre A. Transiliac-sacraliliac bar stabilization to treat bilateral lesions of the sacroiliac joint or sacrum: anatomical considerations and clinical experience // Injury. – 2001. – Vol. 32 (7). – P.587–592.

BIOMECHANICAL EVALUATION OF TREATMENT OUTCOMES IN PATIENTS WITH PELVIC INJURY

O.D. Davydov, I.L. Shlykov, N.L. Kuznetzova (Ekaterinburg, Russia)

Comparative evaluation of functional outcomes of surgical and conservative treatment has been performed using multicriteria biomechanical study in 50 patients with injuries of the pelvic bones. The study included the following methods: identification of support ability of the lower extremities, podography, goniography, determination of foot support reactions, oscillography of angular deviations of the pelvis and shoulder girdles in the sagittal and coronal planes. Timing studies were 6 months, 1 year, and 2 years after treatment. The biomechanical study showed the objective signs of a complete restoration of locomotion function in patients with pelvic bones injuries within 6–12 months after the transosseous osteosynthesis. In patients with stable pelvic fractures treated conservatively, the non-persistent improvement in the main biomechanical parameters of locomotion was achieved only in period of 12 months after treatment. After the conservative treatment, the walking functions of patients with unstable pelvis fractures are not restored.

Key words: pelvic bone fractures, biomechanical study, locomotor system, transosseous osteosynthesis.

Получено 25 февраля 2011