

- возможность проверки различных гипотез о структуре и интенсивности влияния различных факторов на стоматологический статус и на организм в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Леонтьев В. К., Шестаков В. Т., Воронин В. Ф. Оценка основных направлений развития стоматологии. — М.: Медицинская книга, Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2003.

2. Радышевская Т. Н. Особенности стоматологического статуса у детей с различными типами вегетативной регуляции: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Волгоград, 1999. — 17 с.

3. Соловьева А. М., Матело С. К., Тотолян А. А. и др. // Стоматологическое обозрение, 2005. — № 1. — С. 1—4.

4. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. / Пер. с англ. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.

5. Andreichicova O. N., Radyshevskaya T. N. // International Journal of the Analytic Hierarchy Process. USA. — 2009. — Vol. 1, Issue 1. — P. 45—60.

## Контактная информация:

**Радышевская Татьяна Николаевна** — к. м. н., ассистент кафедры терапевтической стоматологии ВолГМУ, e-mail: radish@mail.ru

УДК 616.718.4:616.71-001.5-089.84

## СТЕНДОВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ВНУТРЕННЕГО НАПРЯЖЕННОГО ОСТЕОСИНТЕЗА ДИАФИЗАРНОГО СЕГМЕНТА БЕДРЕННОЙ КОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФИКСАТОРОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

**А. Н. Светашов**

*Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей*

Проанализированы стендовые испытания прочности остеосинтеза с применением фиксаторов с термомеханической памятью на 64 бедренных костях, забранных от трупов людей, умерших в возрасте 30—56 лет. Полученные данные показали многократное (в нашем случае — в 15—20 раз) повышение устойчивости к нагрузкам на растяжение и скручивание стянутых на штифте костных фрагментов. Также выявлено, что в случаях установки ножек компрессирующей скобы через оба кортикальных слоя бедренной кости прочность фиксации по сравнению с захватом лишь одного кортикального слоя повышается в 1,5 раза.

*Ключевые слова:* переломы, бедренная кость, напряженный остеосинтез.

## BENCH TESTS OF INTERNAL STRESS OSTEOSYNTHESIS OF DIAPHYSIS FEMORAL SEGMENT USING CLAMPS WITH THERMOMECHANICAL MEMORY

**A. N. Svetashov**

We analyzed bench tests of the strength of osteosynthesis with the use of clamps with thermomechanical memory 64 of the femur obtained from the corpses of people who died at the age of 30—56. The findings showed a multiple increase (in our case 15—20 times) in the resistance to stress in tension and torsion strapped to the pin bone fragments. Also it was found that if you install compress staple legs through both cortical layers of the femur, femoral fixation increases 1,5 times in comparison with involvement of only one cortical layer

*Key words:* fractures, femur, intensed osteosynthesis.

Внутренний остеосинтез бедренных костей при диафизарных переломах до настоящего времени остается одной из остро актуальных проблем травматологии и ортопедии. Переломы диафизарного сегмента бедренных костей являются частыми и весьма разнообразными повреждениями, в том числе 3,7—17,4 % случаев открытыми. У большинства больных с открытыми переломами и у 13,3—75,1 % пострадавших с закрытыми повреждениями осуществляется остеосинтез, преимущественно внутренний, результаты которого в 6,2—28,6 % случаев неудовлет-

ворительны. Внутренний накостный и интрамедулярный остеосинтез часто не обеспечивает должной межфрагментарной компрессии и надежной фиксации костных отломков, в связи с чем у соответствующих больных после операции осуществляется длительная иммобилизация гипсовыми повязками, возможно формирование ложных суставов.

В последние годы фиксаторы из новых имплантационных материалов — сплавов на основе никелида титана, обладающих эффектами памяти формы и сверхэластичности, находят все более широкое при-

знание в травматологии и ортопедии, в том числе для остеосинтеза длинных трубчатых костей. В частности, согласно наблюдениям ряда авторов, при свежих переломах диафизарного сегмента некоторых длинных трубчатых костей (в частности, плечевой кости) внутренний комбинированный напряженный остеосинтез по своей эффективности не уступает чрескостному. Однако межфрагментарная компрессия внутреннего напряженного остеосинтеза с применением фиксаторов с памятью формы диафизарного сегмента бедренных костей изучена, в целом, недостаточно.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное изучение величины межфрагментарной компрессии при остеосинтезе диафизарного сегмента бедренных костей в сравнении их с традиционными методами внутренней фиксации.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Отобранные из серийно выпускаемых Медико-инженерным центром сплавов с памятью формы (Новокузнецк) и модифицированные нами устройства с памятью формы были задействованы при стендовых испытаниях (рис. 1.)

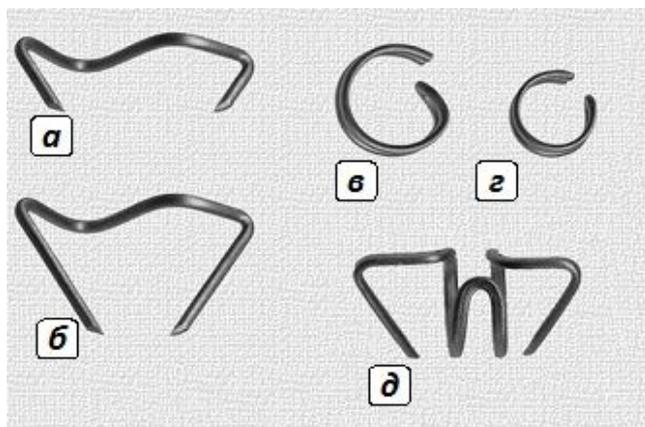


Рис. 1. Серийно выпускаемые Медико-инженерным центром сплавов с памятью формы (г. Новокузнецк) и модифицированные нами устройства с памятью формы

Стендовые испытания прочности остеосинтеза с применением фиксаторов с термомеханической памятью нами были проведены, в общей сложности, на 64 бедренных костях, забранных от трупов людей, умерших в возрасте 30—56 лет. Кости обрабатывались методом мацерации и высушивания, а в последующем распиливались в средней трети. При этом моделировались: на 40 бедренных костях — простые переломы (на 16 — поперечные, на 8 — косые с углом плоскости  $45^\circ$  и на 16 — косые с углом плоскости выше  $65^\circ$ ) и на 24 — оскольчатые клиновидные переломы. Затем в 12 случаях был выполнен интрамедулярный остеосинтез титановым штифтом прямоугольного сечения, а в 48 — комбинированный остеосинтез штиф-

том и различными модификациями стягивающих скоб и кольцевидных устройств с памятью формы.

Использованные в эксперименте устройства с термомеханической памятью за счет эффекта формовосстановления развивали компрессирующие усилия: 5,8—6,2 кГс (56,8—58,8 Н) — стягивающие скобы и 4,0—4,4 кГс (40,2—53,2 Н) — кольцевидные двухбраншевые фиксаторы.

Синтезированные кости подвергались нагрузкам на растяжение и скручивание в испытательных машинах «УМ-5А» и «МУИ-600», а также на специально оборудованном испытательном стенде с применением автоматического измерителя деформаций «АИД-4».

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Экспериментальное исследование стабильности комбинированного остеосинтеза бедренной кости при поперечном переломе (титановый штифт прямоугольного сечения + стягивающая скоба с термомеханической памятью), во-первых, подтвердило данные литературы [2, 4] о многократном повышении устойчивости к нагрузкам на растяжение и скручивание стянутых на гвозде костных фрагментов. Во-вторых, выявлено, что в случаях установки ножек компрессирующей скобы через оба кортикальных слоя бедренной кости прочность фиксации, по сравнению с захватом лишь одного кортикального слоя, повышается: к нагрузкам на растяжение — в 1,5 раза, а на скручивание — в 2—2,5 раза (табл. 1.) При этом самая высокая устойчивость к ротационным нагрузкам (52 килограммосилы на квадратный сантиметр) достигается, когда длинные ножки стягивающих скоб устанавливаются по разным сторонам титанового стержня (рис. 2Б).

Таблица 1

### Результаты испытаний прочности остеосинтеза бедренной кости при простом поперечном переломе

Способы остеосинтеза	Устойчивость к нагрузкам		
	на растяжение, в ньютонах ( $M \pm m$ )	на скручивание, в кГс · м <sup>2</sup> ( $M \pm m$ )	
Интрамедулярный (штифтом прямоугольного сечения)	$19,7 \pm 1,09$	$2,2 \pm 0,47$	
Комбинированный (штифт ± компрессирующая скоба с памятью формы)	с установкой ножек скобы за кортикальный слой кости с одной стороны	$322,2 \pm 3,44$	$19,6 \pm 1,25$
	с захватом ножками скобы двух кортикальных слоев кости	$484,8 \pm 3,76$	$43,3 \pm 1,41$
	с установкой ножек скобы по разным сторонам стержня за оба кортикальных слоя	$483,3 \pm 4,34$	$52,0 \pm 2,02$

Примечание. Здесь и далее во всех случаях  $n = 4$ .

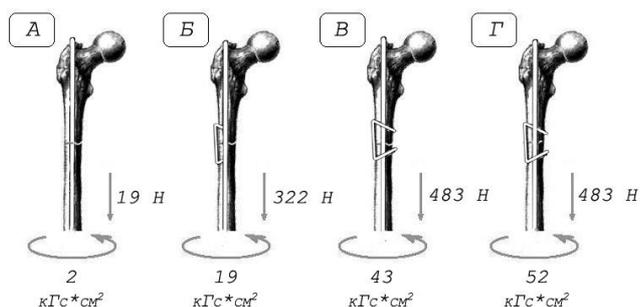


Рис. 2. Варианты остеосинтеза опытных образцов бедренной кости при экспериментальном поперечном переломе и прочность фиксации к нагрузкам на растяжение и скручивание

Аналогично, в 10—15 и более раз повышается прочность фиксации на гвозде спиральных переломов бедренной кости, стянутых наконечно двумя кольцевидными фиксаторами с термомеханической памятью (рис. 3). Очень высока (470 ньютонов — на дисиракцию и 62 килограммсилы — на ротацию) прочность комбинированного кортикального остеосинтеза: шурупы + кольцевидные фиксаторы. В то же время остеосинтез только кольцевидными фиксаторами (без шурупов) по всем показателям существенно уступает комбинированному кортикальному остеосинтезу (табл. 2.)

Таблица 2

### Результаты стендовых испытаний остеосинтеза локтевой кости при простом косом переломе

Угол плоскости косого перелома	Способы остеосинтеза	Устойчивость к нагрузкам	
		на растяжение, в ньютонах ( $M \pm m$ )	на скручивание, в кгс см <sup>2</sup> ( $M \pm m$ )
65°	Интрамедулярный (штифтом прямоугольного сечения)	16,80 ± 0,72	2,90 ± 0,45
		$p < 0,01$	$p < 0,01$
	Штифтом и двумя кольцевидным устройством с памятью формы	42,20 ± 3,11	11,70 ± 1,08
		$p < 0,01$	$p < 0,01$
	Два кольца кольцевидным устройством с памятью формы	231,90 ± 6,16	29,20 ± 3,22
	Два кольца кольцевидными устройствами с памятью формы и двумя кортикальными шурупами	166,70 ± 4,25	25,2 ± 2,6

Сложней оказалась ситуация при оскольчатом клиновидном переломе, в частности, когда промежуточный фрагмент имел форму спирального клина (рис. 4). Когда промежуточный спиральный фрагмент хорошо перекрывал с обеих сторон зону стыкуемых на гвозде костных отломков, установка стягивающих кольцевидных фиксаторов обеспечивала (за счет встречно-боковой компрессии) хотя и не столь выраженное, как при простом спиральном переломе, но

достаточно существенное (в 7—8 раз) повышение стабильности фиксации. Благодаря интрамедулярному стержню, препятствующему сгибательным нагрузкам, в итоге достигается вполне приемлемая схема остеосинтеза (табл. 3.).

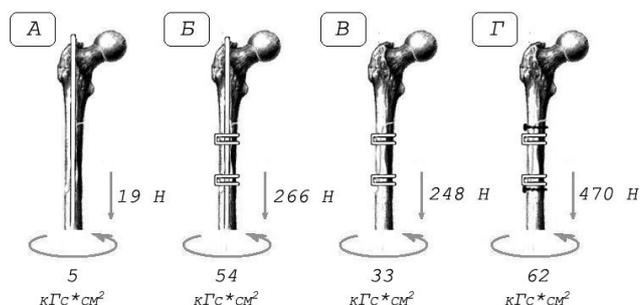


Рис. 3. Простой спиральный перелом бедренной кости и прочность различных вариантов остеосинтеза к нагрузкам на растяжение и скручивание

Таблица 3

### Результаты стендовых испытаний остеосинтеза бедренной кости при оскольчатом клиновидном переломе

Способы остеосинтеза	Устойчивость к нагрузкам	
	на растяжение, в ньютонах ( $M \pm m$ )	на скручивание, в кгс · см <sup>2</sup> ( $M \pm m$ )
Интрамедулярный (штифтом прямоугольного сечения)	15,70 ± 0,89	2,30 ± 0,58
	$p < 0,01$	$p < 0,01$
Штифтом и кольцевидным устройством с памятью формы	32,9 ± 3,3	6,70 ± 1,02
	$p < 0,01$	$p < 0,01$
Штифтом, кольцевидным устройством и стягивающей скобой с памятью формы	222,30 ± 9,63	20,50 ± 1,65
	$p > 0,5$	$p < 0,05$
Штифтом и стягивающей скобой с кольцевидным захватом	216,7 ± 5,95	28,8 ± 2,7

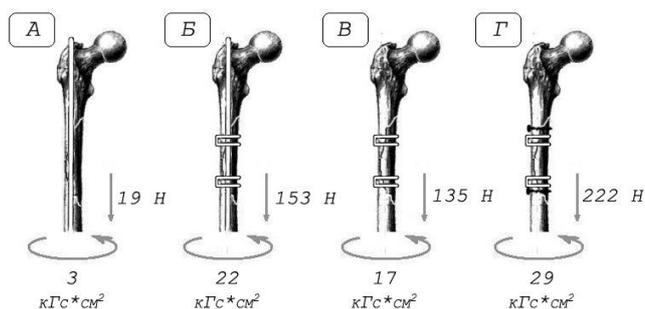


Рис. 4. Оскольчатый клиновидный (спиральный клин) перелом бедренной кости и прочность его фиксации при различных способах остеосинтеза

Без интрамедулярного шинирования картина остеосинтеза кольцевидными фиксаторами спиральных оскольчатых и спиральных простых переломов бедренной кости выглядит следующим образом: оба варианта (без и с установкой кортикальных шурупов)

при спиральном оскольчатом переломе малонадежны — устойчивость к нагрузкам на растяжение в обоих случаях менее 300 ньютонов (рис. 3 А, Б). Примерно на той же степени надежности находятся и показатели прочности фиксации простого спирального перелома кольцевидными устройствами без дополнительной установки шурупов.

Удручающе низкими (43—72 ньютона, 16—18 килограммосил) оказались также показатели стабильности остеосинтеза кольцевидными фиксаторами простых косых и оскольчатых сгибательных переломов бедренной кости (рис. 5 А, Б). Только в случаях комбинированной (по оси и встречно-боковой) компрессии костных отломков на гвозде при этих переломах достигается приемлемый уровень стабильности остеосинтеза (308—349 ньютонов и 47—53 килограммосил).

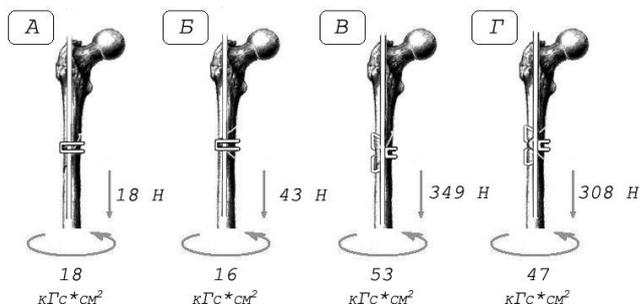


Рис. 5. Прочность комбинированного остеосинтеза бедренной кости при простом косом и оскольчатом клиновидном (клин от сгибания) экспериментальных переломах бедренной кости

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение стягивающих скоб с памятью формы существенно повышает стабильность внутрикостной фиксации при поперечных переломах бедренной кости, а кольцевидных стягивающих устройств — при простых спиральных переломах. Без интрамедулярного шинирования гвоздем остеосинтез кольцевидными фиксаторами с эффектом памяти формы приемлем лишь в сочетании с шурупами (комбинированный кортикальный остеосинтез) и только при простых спиральных переломах. Остеосинтез оскольчатых спиральных переломов кольцевидными устройствами следует проводить исключительно на предварительно установ-

ленном штифте. Достаточно же надежный остеосинтез при простых косых и оскольчатых сгибательных клиновидных переломах диафизарного сегмента бедренной кости достигается лишь при комбинированной (продольной и встречно-боковой) компрессии костных отломков на гвозде стягивающими устройствами с памятью формы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Городилов В. З.* Остеосинтез фиксаторами из сплавов с термомеханической памятью при несросшихся переломах и ложных суставах костей конечностей: автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Кемерово, 2000. — 18 с.
2. *Гюнтер В. Э.* Новый биосовместимый сплав на основе никелида титана для медицинских целей / Биосовместимые материалы и имплантаты с памятью формы: материалы международной конференции. — Томск, 2001. — С. 202—203.
3. *Илюшенов В. Н., Фомичев Н. Г.* Оперативное лечение переломов с проявлениями остеопороза имплантатами с памятью формы / Биосовместимые материалы с памятью формы. — Томск, 2001. — С. 219—232.
4. *Каплун В. А.* Остеосинтез плечевой кости фиксаторами с памятью формы при изолированных, сочетанных и множественных повреждениях: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Кемерово, 2000. — 36 с.
5. *Корнилов Н. В., Соломин Л. Н., Войтович А. В. и др.* Комбинированный остеосинтез: определение, место в восстановительной травматологии-ортопедии / VII съезд травматологов-ортопедов России: тезисы докладов. — Новосибирск, 2002. — Т. 2. — С. 72—73.
6. *Ортопедия: национальное руководство* / Под ред. Г. П. Котельникова, С. П. Смирнова. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 808 с.
7. *Firstov G. S., Vithev R. G., Kumar H., et al.* // *Biomaterials*. — 2002. — Vol. 23, № 24. — P. 4863—4871.
8. *Kapanen A., Rychanen J., Danilov A., Tuukkanen J.* // *Biomaterials*. — 2001. — Vol. 22, № 18. — P. 2475—2480.
9. *Kotian R.* // *Indian J. Dent Res.* — 2001. — Vol. 12, № 2. — P. 101—104.
10. *Lee S., Nicol R. O., Stott N. S.*, // *Clin. Orthop.* — 2002. — Vol. 402. — P. 245—250.

## Контактная информация:

**Светашов Андрей Николаевич** — к. м. н., майор медицинской службы, докторант ГОУ ДПО Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей Росздрава, e-mail: imtamed@mail.ru