

УДК 616.71-001.5-089.227.84

## ВЛИЯНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕМПЫ КОНСОЛИДАЦИИ ПЕРЕЛОМОВ ДЛИННЫХ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ ПРИ НАКОСТНОМ ОСТЕОСИНТЕЗЕ

**Попов В.П.**

*Северская клиническая больница СибФНКЦ ФМБА России, г. Северск  
Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск*

### РЕЗЮМЕ

Цель исследования – определить эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на темпы консолидации при накостном остеосинтезе имплантатами с различными типами покрытий. На основании выделенных характеристик предложить оптимальные условия применения биоактивных конструкций.

**Материал и методы.** Работа основана на анализе оперативного лечения 1265 больных с переломами бедра, большеберцовой кости и плеча. Учитывали влияние возраста, гендерных различий, сроков выполнения операции, качества репозиции, сопутствующей патологии, локализации и тяжести перелома, покрытия имплантата на нарушение костной репарации.

**Результаты.** Получена консолидация при использовании биоактивных пластин у 99,3% больных. Хорошо выполненная репозиция в 4,5 раза уменьшала количество случаев замедленной консолидации. Основной причиной замедленного сращения перелома у больных в возрасте старше 60 лет являлся остеопороз. У мужчин младше 40 лет по сравнению с женщинами того же возраста чаще наблюдалось замедленное формирование костной мозоли, что связано с наличием у них многооскольчатых переломов. Наиболее часто отмечалось замедленное сращение у больных с переломом костей голени, что в первую очередь связано с распространенностью повреждений этого сегмента. Основной механизм позитивного действия биоактивных пластин можно объяснить особенностями микроархитектоники покрытия, приближенной к физиологическому строению кости, повышением концентрации остеогенных клеток вокруг имплантата и стимуляцией их функции. Применение биоактивных пластин наиболее целесообразно при остеопорозе, повреждениях типа С, ложных суставах, повторных операциях при миграции и переломе металлоконструкции, при множественных и сочетанных травмах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** переломы, остеосинтез, регенерация, имплантат.

### Введение

Среди многочисленных осложнений и неудовлетворительных результатов лечения диафизарных переломов длинных трубчатых костей наиболее часто можно встретить замедленную консолидацию и ложные суставы, которые составляют более 12% случаев и характерны преимущественно для мужчин в возрасте от 30 до 49 лет [1]. Расстройства репаративной регенерации носят многофакторный характер, их учет позволит преодолеть те нарушения, которые являются ведущими у каждого конкретного больного.

На сращение переломов оказывают влияние как общие (возраст, остеопороз, сахарный диабет, хроническая ишемия конечности), так и местные факторы (обширные повреждения, неадекватная репозиция и фиксация, нагноение). Потеря фиксации костных отломков может способствовать замедленной консолидации и формированию псевдоартроза [2, 3]. В качестве одной из причин нестабильности имплантатов следует рассматривать уменьшение плотности костной ткани после травмы. Своевременное выявление остеопороза в поврежденных костях после остеосинтеза позволит предупредить такие осложнения восстановительного лечения, как несращение перелома, нестабильность соединения кость – имплантат, повторные переломы [4, 5].

✉ *Попов Владимир Петрович*, тел. 8-903-915-57-63;  
e-mail: ortopvp@mail.ru

Многочисленные исследования и клинические данные показали, что основной причиной осложнений являются негативные реакции, происходящие на границе кость – имплантат. При проведении остеосинтеза интерфазный слой определяет оптимальную биомеханику и оказывает влияние на процессы регенерации костной ткани [6]. На сегодняшний день у специалистов нет сомнения в том факте, что степень фиксации костных отломков напрямую связана с возможностью интеграции поверхности имплантируемой конструкции с костной тканью. Известно, что лучшую фиксацию обеспечивают пористые поверхности, содержащие в своем составе кальций-фосфатные (КФ) соединения [6, 7]. Успешное применение КФ-конструкций, усиливающих стабильность аппаратов внешней фиксации, создало предпосылки для использования таких материалов при других видах остеосинтеза. Дальнейшее совершенствование и продвижение этих технологий поможет снизить количество неудовлетворительных результатов лечения.

Цель исследования – определить эндогенные и экзогенные факторы, влияющие на темпы консолидации при накостном остеосинтезе имплантатами с различными типами покрытий. На основании выделенных характеристик предложить наиболее оптимальные условия применения биоактивных конструкций.

## Материал и методы

В группу были включены 1265 пациентов обоего пола с закрытыми переломами бедра, большеберцовой и плечевой костей. Средний возраст участников исследования составил  $(37,1 \pm 6,5)$  года. Все переломы длинных костей конечностей были распределены в соответствии с международной классификацией АО/ASIF. Переломы типа C составили 44,7%, типа B – 29,2%, типа A – 26,1%.

Критериями включения в исследование являлись: наличие перелома длинной трубчатой кости, применение в качестве лечения перелома фиксаторов-пластин DSP с биоактивными или биоинертными покрытиями. Из исследования исключались пациенты с открытыми переломами, наличием воспалительного процесса в области предполагаемого оперативного вмешательства, применением в качестве лечения аппарата внешней фиксации, интрамедуллярного остеосинтеза с блокированием, а также пластинами LSP, LISS.

Больные в зависимости от типа используемого имплантата были разделены на две группы. В первую группу вошли 672 пациента, остеосинтез которым проводили биоинертными конструкциями (БИП). Вторую группу составили 593 пострадавших, в лече-

нии которых использованы биоактивные пластины (БАП) с КФ-покрытиями. Имплантаты с биоактивными покрытиями, обладающие высокой износостойкостью и прочностью сцепления к основе, получали методом микродугового оксидирования (производство ООО «Биотехника» (Томск) и ФГУП «ЭПМ» ФМБА России (Москва)). Состав обеих групп был сопоставимым по возрасту, количеству и характеру полученных повреждений. Консолидацию определяли на основании клинических данных, рентгенографии и ультразвукового исследования (УЗИ) области перелома (датчик 7,5 МГц, Sonoline-SL450 (Siemens)) в сроки 2, 4, 6, и 12 мес после операции. Принимали во внимание появление признаков консолидации, формирование эндостальной мозоли, выраженность периостальной мозоли, отсутствие признаков консолидации. Под сращением перелома понимали наличие непрерывного костного соединения не менее чем по трем кортикальным слоям на рентгенограммах в прямой и боковой проекциях. Замедленную консолидацию определяли при отсутствии сращения хотя бы по одному кортикальному слою через 4 мес после остеосинтеза. На формирование ложного сустава указывали отсутствие сращения через 6 мес после остеосинтеза перелома и наличие специфических морфологических проявлений – склероза концов отломков [8].

В работе проанализировано влияние на костную репарацию типа покрытия имплантата, локализации и характера перелома, возрастных и гендерных различий. Были выделены три возрастные группы. Первая – 18–40 лет (период активных метаболических реакций организма), вторая – 41–60 лет (период замедления реактивной способности), третья – старше 60 лет (период низких обменных процессов). Учитывали влияние сроков проведения операции, качества выполненной репозиции, сопутствующей патологии (сахарный диабет, хронические сосудистые заболевания, алкоголизм, прием глюкокортикоидов и антиконвульсантов) на нарушение костной репарации.

Статистическую обработку данных проводили с помощью критерия  $\chi^2$  Пирсона и точного критерия Фишера, в пакете программ SPSS Statistica 17.0, а также Хи2ТЕСТ в MS Excel.

## Результаты

Использование титановых имплантатов, БИП, обладающих высокой механической прочностью, диэлектрическими и биосовместимыми свойствами, выгодно отличающихся от имплантантов, изготовленных из нержавеющей стали, оказалось эффективным и позволило получить сращение у подавляющего числа пострадавших (97,7%). При этом в течение 4 мес по-

сле операции у 23% прооперированных больных сохранялись боли разной степени интенсивности, у 36,2% была нарушена функция в смежных суставах, у 46,6% пациентов не восстановлена походка. Внедрение для накостного остеосинтеза биоактивных имплантатов с КФ-покрытием показало достоверно более хороший клинический эффект по сравнению с БИП: при полученной консолидации у 99,3% пациентов, сохранении болевого синдрома – у 9,5%, нарушенной функции в суставах – у 24,2% и походки у 20,4% больных.

Анализ визуальных данных о динамике сращения переломов, леченных БАП с КФ-покрытием, показал, что через 2 мес после остеосинтеза рентгенологические и ультразвуковые (УЗ) признаки процесса формирования костной мозоли имели место у 70,7% пациентов, а у 22,0% они отсутствовали (рис. 1). При этом в 7,3% наблюдений в этот период было зарегистрировано сращение переломов. Ко второму сроку наблюдения (4 мес) доля пациентов с отсутствием консолидации резко снизилась – до 3,6%. Что касается больных с активной фазой консолидации, то их количество через 4 и 6 мес прогрессивно снижалось (до 30,5 и 15,9% соответственно), изменяя соотношение в сторону значимого увеличения количества больных со сформировавшейся костной мозолью (66,9 и 84,1% соответственно) ( $p = 0,05$ ).



Рис. 1. Динамика консолидации переломов по данным рентгенографического и ультразвукового исследований

При использовании имплантатов с БИП в первый период наблюдения выявлено обратное соотношение

количества пациентов с активной фазой и отсутствием признаков формирования костной мозоли (33 и 63% соответственно). В дальнейшем (2-й и 3-й периоды наблюдения) доля случаев с активной стадией репарации стала преобладающей (51 и 49% соответственно) при закономерном снижении числа больных с отсутствием ее (10,0 и 4,0%) и повышении числа лиц со сформированной костной мозолью (39,0 и 47,0%). Однако темпы этого процесса были существенно ниже, чем в группе больных с БАП (34 и 53% соответственно). Разница в значениях имела достоверный характер ( $p = 0,02$ ) по сравнению с БАП ( $p = 0,067$ ).

Проведенные исследования показали, что наиболее частым осложнением при накостном остеосинтезе являлась замедленная консолидация переломов. Всего было диагностировано 104 таких случая (8,2%), в 19 наблюдениях (1,5%) происходило формирование псевдоартроза.

Неустраненные смещения костных отломков, сохранение щели между фрагментами с костным дефектом задерживали репаративный процесс и способствовали развитию псевдоартроза у 2,2% больных, оперированных с использованием пластин с БИП, и у 0,7% – с БАП (табл. 1). Полностью устранить все смещения и восстановить ось конечности не удалось из-за тяжелого характера повреждения (перелом типа С), сопутствующего остеопороза, а также технических трудностей при проведении остеосинтеза. Точная репозиция, достигнутая в ходе операции у подавляющего числа пациентов, являлась одной из основных предпосылок благополучного исхода лечения и в 4,5 раза уменьшала случаи замедленной консолидации. Умеренная деформация и укорочение (до 2 см) поврежденного сегмента, зафиксированные у 17,0% пациентов, создавали менее благоприятные условия для сращения отломков. Этому способствуют нарушенное кровоснабжение в области перелома, обширная отслойка надкостницы, нестабильность остеосинтеза и развитие инфекции [9].

Внутренний фиксатор, удерживающий костные отломки, уменьшал проявление симптомов, характерных для несросшегося перелома. На отсутствие костной мозоли указывали болезненность в области повреждения кости при пальпации и осевой нагрузке, отек мягких тканей и синюшный оттенок кожи конечности. Определяющие диагностические критерии этого процесса были получены с помощью лучевых методов. Следует отметить, что оценке процесса консолидации с помощью рентгенограмм часто мешала суперпозиция пластины и винтов на костную ткань. При динамическом исследовании на замедленную консолидацию указывали сохранение линии перелома

более чем по одному кортикальному слою, несформированная кортикальная пластинка, отсутствие трабе-

кулярного рисунка при максимальных проявлениях остеопороза.

Таблица 1

Признаки замедленной консолидации и псевдоартроза у больных через 4–6 мес после накостного остеосинтеза, абс. (%)			
Фактор	Число больных	Замедленная консолидация	Ложный сустав
Вид покрытия			
БИП	672 (53,1)	74 (11,0)	15 (2,2)
БАП	593 (46,9)	30 (5,1)	4 (0,7)
		$p = 0,001$ ( $\chi^2 = 49,22$ )	$p = 0,05$ ( $\chi^2 = 10,78$ )
Срок выполнения операции			
1-я нед	772 (61,0)	29 (3,8)	10 (1,3)
2-я нед	342 (27,0)	39 (11,4)	6 (1,8)
3-я нед	151 (12,0)	36 (23,8)	3 (2,0)
		$p_{1-2} = 0,036$ ( $\chi^2 = 20,88$ )	$\Phi_{1-2} = 0,588$
		$p_{2-3} = 0,003$ ( $\chi^2 = 22,97$ )	$p_{2-3} = 0,950$
		$p_{1-3} = 0,001$ ( $\chi^2 = 10,63$ )	$\Phi_{1-3} = 0,456$
Локализация перелома			
1. Голень	532 (42,0)	53 (10,0)	10 (1,9)
2. Бедро	440 (34,8)	31 (7,0)	5 (1,1)
3. Плечо	293 (23,2)	20 (6,8)	4 (1,4)
		$p_{1-2} = 0,068$ ( $\chi^2 = 38,02$ )	$p_{1-2} = 0,438$ ( $\chi^2 = 6,79$ )
		$p_{2-3} = 0,99$ ( $\chi^2 = 19,99$ )	$\Phi_{2-3} = 0,99$
		$p_{1-3} = 0,127$ ( $\chi^2 = 26,28$ )	$\Phi_{1-3} = 0,780$
Характер перелома			
1. Тип А	331 (26,2)	12 (3,6)	2 (0,6)
2. Тип В	369 (29,2)	24 (6,5)	5 (1,4)
3. Тип С	565 (44,6)	68 (12,0)	12 (2,1)
		$p_{1-2} = 0,27$ ( $\chi^2 = 17,02$ )	$\Phi_{1-2} = 0,456$
		$p_{2-3} = 0,021$ ( $\chi^2 = 36,35$ )	$p_{2-3} = 0,461$ ( $\chi^2 = 6,72$ )
		$p_{1-3} = 0,001$ ( $\chi^2 = 29,55$ )	$p_{1-3} = 0,096$ ( $\chi^2 = 5,17$ )
Сопутствующая патология, приводящая к остеопорозу			
1. Сахарный диабет	64 (5,1)	21 (33,0)	5 (7,8)
2. Хронические сосудистые заболевания	196 (15,5)	43 (21,9)	7 (3,6)
3. Алкоголизм	235 (18,6)	58 (24,7)	6 (2,6)
4. Прием глюкокортикоидов, антиконвульсантов	58 (4,6)	24 (41,4)	3 (5,2)
		$p_{1-2} = 0,095$ ( $\chi^2 = 15,75$ )	$\Phi_{1-2} = 0,304$
		$p_{2-3} = 0,568$ ( $\chi^2 = 45,93$ )	$p_{2-4} = 0,582$ ( $\chi^2 = 5,91$ )
		$p_{1-3} = 0,203$ ( $\chi^2 = 16,91$ )	$\Phi_{1-3} = 0,129$
		$p_{1-4} = 0,353$ ( $\chi^2 = 21,39$ )	$\Phi_{1-4} = 0,720$
		$p_{3-4} = 0,084$ ( $\chi^2 = 16,23$ )	$\Phi_{3-4} = 0,388$
		$p_{2-4} = 0,024$ ( $\chi^2 = 15,30$ )	
Оценка репозиции			
1. Хорошо	1186 (93,7)	47 (4,0)	9 (0,8)
2. Удовлетворительно	63 (5,0)	46 (73,0)	5 (7,9)
3. Плохо	16 (1,3)	11 (68,8)	5 (31,3)
		$p < 0,001$	$\Phi_{1-2} = 0,176$
		$p_{1-2} = 0,095$ ( $\chi^2 = 15,75$ )	
		$p = 0,0002$	$\Phi_{2-3} = 0,510$
		$p_{2-3} = 0,203$ ( $\chi^2 = 16,91$ )	
		$p = 0,133614$	
		$p_{1-3} = 0,03$ ( $\chi^2 = 11,83$ )	
Всего	1265 (100)	104 (8,2)	19 (1,5)

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3:  $\Phi$  – значение точного критерия Фишера;  $p$  – уровень значимости  $\chi^2$  критерия Пирсона;  $\chi^2$  – ожидаемая частота критерия.

Рентгенологическая диагностика псевдоартрозов в ряде случаев была затруднена. Классический симптом – «замыкание» костных отломков зоной склероза – по данным рентгенографии отчетливо проявился не у всех пациентов с псевдоартрозами. Во многих случаях,

несмотря на значительные сроки, прошедшие с момента травмы, рентгенологического симптома «замыкательных пластин» выявлено не было. Дополнительная информация при решении вопроса о завершении консолидации была получена с помощью УЗИ. На

замедленное формирование эндостальной мозоли указывало на заполнение щели перелома неотчетливыми эхо-положительными структурами. Ультразвуковая картина ложного сустава проявлялась ранее рентгенологическими симптомами и характеризовалась прерывистым кортикальным слоем с четкой замыкательной эхо-положительной пластинкой дистального отломка.

Нестабильная фиксация костных отломков или потеря стабильности после проведения остеосинтеза способствует образованию хрящевой гиалиноподобной ткани над ретикулофиброзным регенератом, препятствующей полноценному морфофункциональному восстановлению поврежденной кости [9]. Устойчивость системы кость–имплантат уменьшалась при механическом повреждении пластины и миграции винтов при ранней функциональной нагрузке, снижении прочности костной ткани вследствие остеопороза. Все случаи перелома металлоконструкции или ее миграции происходили при несросшемся переломе, что заставляло выполнить реостеосинтез с заменой имплантата.

Наиболее часто мы наблюдали замедленное сращение у больных с переломом костей голени, что в первую очередь связано с распространенностью повреждений этого сегмента (рис. 2). Однако зависимости темпов консолидации перелома от его локализации не было выявлено. Многооскольчатые переломы, относящиеся к высокоэнергетическим травмам, сопровождаются значительными повреждениями мягких тканей, нарушением микроциркуляции, приводящим к венозной недостаточности и гипоксии тканей.

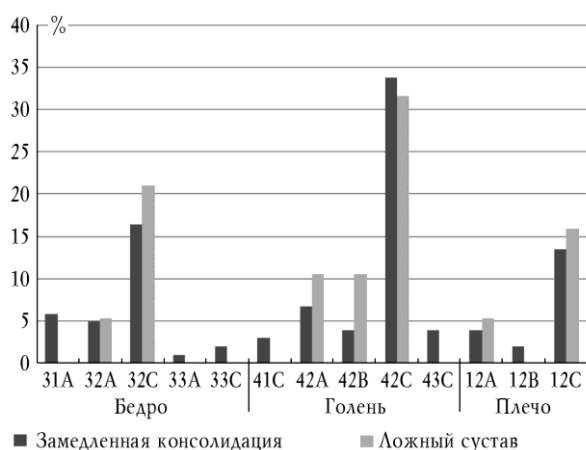


Рис. 2. Нарушение консолидации в зависимости от локализации и тяжести перелома

Формирование мозоли при переломах типа С в поврежденных сегментах бедренной, большеберцовой и плечевой костей происходило значительно медленнее по сравнению с переломами типа В и А. В ранее опубликованных сообщениях было отмечено, что при

значительных разрушениях костей и мягких тканей репаративные процессы проявляются развитием системного остеопороза, сопровождающимся активацией резорбции кости и торможением процессов костеобразования [10]. При биоактивном остеосинтезе происходят качественные изменения системного метаболизма костной ткани, что выражается усилением анаболических реакций: повышается содержание соматотропного гормона, снижается концентрация кортизола, увеличиваются концентрация остеокальцина, кальция, активность костного изофермента щелочной фосфатазы [11]. Основной механизм позитивного действия БАП можно объяснить особенностями микроархитектоники покрытия, приближенной к физиологическому строению кости, повышением концентрации остеогенных клеток вокруг имплантата и стимуляцией их функции. Это позволяет рекомендовать для остеосинтеза при высокоэнергетической травме конструкции с КФ-покрытием.

Причинами нарушения консолидации у больных в установленных возрастных группах были разные патологические процессы. Основной причиной замедленного сращения перелома у больных старше 60 лет являлся остеопороз. В среднефизиологические сроки костная мозоль не образовалась у трети пострадавших этого возраста. У молодых пациентов ее не было менее чем в 10% случаев. У мужчин до 40 лет по сравнению с женщинами того же возраста чаще наблюдали замедленное формирование костной мозоли, что можно объяснить наличием у них более частого повреждения кости типа С.

Отрицательное влияние на процессы консолидации оказывал ряд хронических заболеваний. Из них наиболее значимыми являлись алкоголизм, сахарный диабет, а также заболевания, сопровождавшиеся длительным применением кортикостероидов и антиконвульсантов (см. табл. 1). Так, у 64 пострадавших, имеющих перелом длинной трубчатой кости и сахарный диабет, замедленное формирование костной мозоли отмечено в 33% случаев, а формирование псевдоартроза – в 7,8%. Под влиянием глюкокортикоидов уменьшается всасывание кальция в кишечнике, повышается секреция паратиреоидного гормона, что приводит к резорбции кости [10]. У 41,4% больных, вынужденных постоянно принимать стероиды и антиконвульсанты при накожном остеосинтезе, сроки сращения перелома были значительно увеличены.

При остеопорозе, в случаях ранней нагрузки, часто происходит потеря стабильности в системе кость – имплантат, при этом действующие силы на область перелома оказывают повреждающее воздействие на неокрепшую остеогенную ткань. Винты, фиксирую-

щие пластину, неспособны удержать ее, вырываются из кости, происходит миграция металлоконструкции и вторичное смещение костных отломков. В этих случаях сращение перелома, как правило, не наступает.

Использование биоактивных пластин по сравнению с биоинертными оказывало положительное действие во всех возрастных группах и, что наиболее ценно, в старшей (табл. 2, 3). При сниженном минеральном обмене и наличии остеопороза они были эффективны как у мужчин, так и у женщин. Повышалась стабильность в системе кость–имплантат, что сопровождалось меньшим числом миграции конструкции в послеоперационном периоде. Это создавало предпосылки для полноценного формирования костного регенерата.

Таблица 2

Частота замедленной консолидации у мужчин разных возрастных групп при применении пластин разных типов, абс. (%)			
Показатель	Возрастная группа, лет		
	16–40	41–60	Старше 60
БАП	10 (4,7) Из 213 человек	7 (5,6) Из 125 человек	2 (11,1) Из 18 человек
БИП	23 (9,3) Из 248 человек	18 (14,9) Из 121 человека	3 (20,0) Из 15 человек
<i>p</i>	0,057 ( $\chi^2 = 15,2$ )	0,02 ( $\chi^2 = 12,3$ )	$\Phi = 0,639$

Таблица 3

Частота замедленной консолидации у женщин разных возрастных групп при использовании разных типов пластин, абс. (%)			
Показатель	Возрастная группа, лет		
	16–40	41–60	Старше 60
БАП	1 (0,9) Из 11 человек	5 (6,6) Из 76 человек	5 (9,6) Из 52 человек
БИП	5 (3,8) Из 167 человек	11 (11,1) Из 99 человек	14 (23,7) Из 59 человек
<i>p</i>	$\Phi = 0,322$	0,425 ( $\chi^2 = 6,25$ )	0,076 ( $\chi^2 = 8,9$ )

Не выявлено связи между сроками выполнения оперативного вмешательства и формированием ложного сустава. В то же время при проведении остеосинтеза после двух недель чаще наблюдались случаи замедленной консолидации.

В своей практической работе мы также изучали вопрос удаления металлоконструкций. В сроки 1–1,5 года после операции проблем с удалением пластин с КФ-покрытием не возникало. При этом определяли хорошо сформированную костную мозоль без какой-либо реакции со стороны мягких тканей. При удалении БАП через 2–3 года после операции, особенно при околосуставных переломах, создавались определенные трудности, обусловленные избыточной оссификацией. Поэтому их применение должно быть ограни-

чено при околосуставных повреждениях и в случаях, когда невозможно раннее извлечение имплантата. Задача упрощается при возможности не удалять и оставить конструкцию.

Учитывая все рассмотренные факторы, влияющие на консолидацию, можно говорить, что наиболее значимыми из них оказались тяжесть перелома, сопутствующий остеопороз и качество проведенной репозиции. Уменьшить отрицательное влияние операции остеосинтеза возможно путем применения малоинвазивных методов вмешательства с использованием штифтов с блокированием, пластин с угловой стабильностью. Повысить стабильность в системе кость – имплантат позволяет наличие у имплантата КФ-покрытия.

## Выводы

1. Наибольшее влияние на темпы консолидации перелома оказывают тяжесть повреждения кости и окружающих тканей, сопутствующий остеопороз и качество проведенной репозиции. Формирование псевдоартроза не связано со сроками выполнения остеосинтеза. Отрицательные результаты лечения не зависят от локализации и гендерных различий.

2. Добиться улучшения результатов лечения переломов при использовании металлоконструкций с КФ-покрытием можно путем снижения случаев замедленной консолидации. Их применение наиболее целесообразно при переломах типа С, ложных суставах, на фоне остеопороза, при повторных операциях в случае миграции и переломе металлоконструкции, при множественных и сочетанных повреждениях. Потребность в остеосинтезе биоактивными пластинами возрастает при выполнении операции через 2 нед и более после травмы.

3. Остеосинтез имплантатами, покрытыми КФ, должен быть ограничен при внутрисуставных переломах с прогнозируемой невозможностью удаления конструкции, исключением являются случаи травм у лиц старческого возраста.

## Литература

1. Гусейнов А.Г. Резервы повышения эффективности лечения диафизарных переломов голени на основе метода Илизарова // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2005. № 1. С. 11–15.
2. Барабаи А.П., Штиняк С.П., Барабаи Ю.А. Сравнительная характеристика методов остеосинтеза у пациентов с оскольчатыми переломами диафиза бедренной кости // Травматология и ортопедия России. 2013. № 2. С. 116–124.
3. Nork S.E. Femoral shaft fractures. In: Rockwood and Green's Fractures in Adults. 7th ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer Health/Lippincott, Williams & Wilkins, 2010. P. 1654–1718.
4. Климовицкий В.Г., Тяжелов А.А., Лафи Хатем, Лобанов Г.В., Черныш В.Ю., Ярьско А.В. Анализ напряжен-

- но-деформированного состояния большеберцовой кости при ее остеосинтезе с использованием различных фиксирующих устройств // Политравма. 2013. № 3. С. 37–42.
5. Шимон В.М., Гелета М.М., Шерегий А.А. Применение стержневых аппаратов при повреждениях длинных трубчатых костей при остеопорозе // Травма. 2010. Т. 11, № 4. С. 48–52.
  6. Петровская Т.С., Шахов В.П., Верещагин В.И., Игнатов В.П. Биоматериалы и имплантаты для травматологии и ортопедии. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. 307 с.
  7. Nakayama H., Kawase T., Kogami H., Okuda K., Inoue H., Oda T., Hayama K., Tsuchimochi M., Wolff L. Evaluation by bone scintigraphy of osteogenic activity of commercial bioceramics (porous  $\beta$ -TCP and HA particles) subcutaneously implanted in rats // J. Biomater. Appl. 2010. V. 24. P. 751–768.
  8. Степанов Р.В. Комплексная лучевая диагностика в оценке репаративного процесса при лечении больных с закрытыми диафизарными переломами костей голени: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2011. 22 с.
  9. Травматология: национальное руководство / под ред. Г.П. Котельникова, С.П. Миронова. М.: ГЭОСТАР-Медиа, 2008. 808 с.
  10. Galliera E., Luzzati A., Perrucchini G. et al. Bone formation and resorption markers as diagnostic tools for bonemetastases evaluation // Int. J. Biol. Markers. 2012. V. 27, iss. 4. P. 395–399.
  11. Попов В.П., Дружинина Т.В., Каменчук Я.А., Завадовская В.Д., Акбашева О.Е., Фомина С.В. Особенности костного метаболизма при остеосинтезе имплантатами с различными покрытиями // Политравма. 2013. № 2. С. 16–21.

Поступила в редакцию 15.05.2014 г.

Утверждена к печати 04.02.2015 г.

**Попов Владимир Петрович** (✉) – канд. мед. наук, зав. травматолого-ортопедическим отделением Северной клинической больницы СибФНКЦ ФМБА России (г. Северск), ассистент кафедры травматологии, ортопедии и военнополевой хирургии СибГМУ (г. Томск).

✉ **Попов Владимир Петрович**, тел. 8-903-915-57-63; e-mail: ortovp@mail.ru

## EFFECT OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS FACTORS ON THE RATE OF CONSOLIDATION OF FRACTURES OF THE LONG BONES IN OSTEOSYNTHESIS

**Popov V.P.**

*Seversk Clinical Hospital, Siberian Federal Scientific-Clinical Center, FMBA of Russia, Seversk, Russian Federation  
Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation*

### ABSTRACT

**Purpose.** Determine endogenous and exogenous factors influencing the pace of consolidation in osteosynthesis implants with different types of coatings. Based on the characteristics of the selected offer the best conditions for the application of bioactive structures.

**Material and methods.** The work is based on an analysis of surgical treatment of 1265 patients with hip fractures, tibial and shoulder. Take into account the influence of age, gender, the timing of the operation, quality reposition, comorbidities, location and severity of the fracture, implant coating violation bone repair.

**Results.** Received consolidation using bioactive plates in 99.3 % of patients. Well executed reposition 4.5 times reduced cases of delayed consolidation. The main reason for delayed fracture healing in patients older than 60 years is osteoporosis. Males under 40 years compared with women of the same age often observed slow formation of callus, which is associated with frequent presence in them of comminuted fractures. The most frequently observed sustained fusion in patients with tibial fractures, which is primarily due to the prevalence of lesions in this segment. The main mechanism of action of bioactive positive plates can be explained by the peculiarities microarchitectonics coverage closer to the physiological structure of bone, increasing the concentration of osteogenic cells around the implant and stimulation of their function. Application of bioactive plates most appropriate for osteoporosis, type C lesions,

pseudoarthrosis, reoperations during migration and metal fracture, in multiple and combined injuries.

**KEY WORDS:** fractures, osteosynthesis, regeneration, implants.

*Bulletin of Siberian Medicine*, 2015, vol. 14, no. 1, pp. 73–80

#### References

1. Guseinov A.G. Rezervy povysheniya effektivnosti lecheniya diafizarnykh perelomov goleni na osnove metoda Ilizarova [Provisions to improve the effectiveness of the treatment of diaphyseal fractures of the tibia on the basis of the Ilizarov method]. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova – Journal of Traumatology and Orthopedics Priorov*, 2005, no. 1, pp. 11–15 (in Russian).
2. Barabash A.P., Shpinyak S.P., Barabash Yu. A. Sravnitel'naya harakteristika metodov osteositeza u pacientov s oskol'chatymi perelomami diafiza bedrennoy kosti. [Comparative Characteristics of Osteosynthesis Techniques in Patients with Comminuted Diaphyseal Femoral Fractures]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii – Traumatology and Orthopedics of Russia*, 2013, no. 2, pp. 116–124 (in Russian).
3. Nork S.E. Femoral shaft fractures. In: *Rockwood and Green's Fractures in Adults*. 7th ed. Philadelphia, PA, Wolters Kluwer Health/Lippincott, Williams & Wilkins, 2010. Pp. 1654–1718.
4. Klimovitsky V.G., Tyazhelov A.A., Lafi Hatem, Lobanov G.V., Chernysh V.Yu., Yares'ko A.V. Analiz naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija bol'shebercovoj kosti pri ee osteosinteze s ispol'zovaniem razlichnykh fiksirujushhih ustrojstv [Analysis of stress-strain state of tibia in osteosynthesis with different fixation devices]. *Politravma – Polytrauma*, 2013, no. 3, pp. 37–42 (in Russian).
5. Shimon V.M., Geleta M.M., Sheregiy A.A. Primenenie sterzhnevyyh apparatov pri povrezhdenijah dlennykh trubchatykh kostej pri osteoporozе [The use of rod apparatus in injuries to the long bones in osteoporosis]. *Travma – Trauma*, 2010, vol. 11, no. 4, pp. 48–52 (in Russian).
6. Petrovskaya T.S., Shakhov V.P., Vereshchagin V.I., Ignatov V.P. *Biomaterialy i implantaty dlya travmatologii i ortopedii* [Biomaterials and implants for traumatology and orthopedics]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2011. 307 p. (in Russian).
7. Nakayama H., Kawase T., Kogami H., Okuda K., Inoue H., Oda T., Hayama K., Tsuchimochi M., Wolff L. Evaluation by bone scintigraphy of osteogenic activity of commercial bioceramics (porous  $\beta$ -TCP and HAp particles) subcutaneously implanted in rats. *J. Biomater. Appl.*, 2010, vol. 24, pp. 751–768.
8. Stepanov R.V. *Kompleksnaja luchevojaja diagnostika v ocenke reparativnogo processa pri lechenii bol'nyh s zakrytymi diafizarnymi perelomami kostej goleni: avtoref. dis. ... kand. med. nauk* [Complex radiology in the assessment of the reparative process in the treatment of patients with closed diaphyseal fractures of the tibia: Author. Dis. ... Cand. med. sci.]. Moscow, 2011, 22 p. (in Russian).
9. *Travmatologiya: nacional'noe rukovodstvo* [Traumatology: national leadership]. Ed. Kotelnikov G.P., Mironov S.P. Moscow, GEOSTAR-Media Publ., 2008. 808 p. (in Russian).
10. Galliera E., Luzzati A., Perrucchini G. et al. Bone formation and resorption markers as diagnostic tools for bonemetastases evaluation. *Int. J. Biol. Markers*, 2012, vol. 27, iss. 4, pp. 395–399.
11. Popov V.P., Druzhinina T.V., Kamenchuk Ya.A., Zavadovskaya V.D., Akbasheva O.Ye., Fomina S.V. Osobennosti kostnogo metabolizma pri osteosinteze implantatami s razlichnymi pokrytijami [Characteristics of bone metabolism in osteosynthesis using implants with different coatings]. *Politravma – Polytrauma*, 2013, no. 2, pp. 16–21 (in Russian).

**Popov Vladimir P.** (✉), Seversk Clinical Hospital, Siberian Federal Scientific-Clinical Center, FMBA of Russia, Seversk; Siberian State Medical University, Tomsk, Russian Federation.

✉ **Popov Vladimir P.**, Ph. +7-903-915-57-63; e-mail: ortopvp@mail.ru