

## ПРИМЕНЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ С БЛОКИРОВАНИЕМ И АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫМ ПОКРЫТИЕМ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ИНФИЦИРОВАННЫХ НЕСРАЩЕНИЙ КОСТЕЙ ГОЛЕНИ

ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии», г. Минск

*Несмотря на успехи современной травматологии, инфицированные несращения по-прежнему являются тяжелыми осложнениями при лечении диафизарных переломов длинных трубчатых костей. Стержень с блокированием и антибактериальным покрытием обеспечивает хорошую механическую стабильность костных фрагментов и создает высокую местную концентрацию антибиотиков.*

*В работе представлены результаты интрамедуллярного остеосинтеза стержнем с блокированием и антибактериальным покрытием у 20 пациентов с инфицированными несращениями костей голени. Успешной эрадикации инфекции удалось достичь у 85 % пациентов. К концу первого года наблюдения все пациенты ходили с полной нагрузкой на оперированную конечность.*

**Ключевые слова:** *инфицированные несращения, стержень с блокированием, антибактериальное покрытие.*

**P. A. Volotovski, A. A. Sitnik, A. V. Beletsky**

### **LOCKED ANTIBIOTIC-ELUTING NAILING IN PATIENTS WITH INFECTED TIBIAL NON-UNIONS**

*Despite the successes of modern orthopaedic surgery, infected nonunions continue to be serious complications after diaphyseal fractures of lower extremity long bones. Interlocking nail with antibacterial coating fills the dead space, provides good mechanical stability of bone fragments and potentially high local concentration of antibiotics.*

*The results of intramedullary osteosynthesis with antibacterial-coated interlocking nail in 20 patients with infected tibial nonunions are presented below. A successful control of the infection was achieved in 85 % of patients. By the end of the first year of follow-up, all patients were fully weight-bearing and restored the activity regimen.*

**Keywords:** *infected nonunion, interlocking nail, antibacterial coating.*

**П**роблема лечения пациентов с инфицированными несращениями длинных трубчатых костей в ряде случаев заключается не только в сложности с полной ликвидацией очага инфекции, но и проявляет себя длительным ограничением опоры на пораженную конечность, значительным снижением амплитуды движений в смежных суставах, а также нарушениями трофики окружающих кость мягких из-за последствий нескольких предыдущих операций. В таких случаях лечение является длительным и представляет трудности, как для пациента, так и для хирурга.

Стандартное лечение инфицированных несращений подразумевает тщательную хирургическую обработку остеомиелитического очага, удаление всех нежизнеспособных тканей, бактериологические исследования полученных материалов для определения возбудителя, назначение антибактериальной терапии [5, 9]. Одним из важных моментов, определяющих успешность лечения является кровоснабжение в области перелома, которое в свою очередь зависит от целостности мягкотканного покрова. Если инфицированное несращение сочетается с дефектом

мягких тканей, то операция на костях должна обязательно включать кожную пластику, выбор способа которой зависит от локализации и размеров тканевого дефицита [1]. Если в области перелома развивается инфекция, удаление всех накостных и внутрикостных имплантатов считается обязательным, поскольку это позволяет уничтожить микробную биопленку и, таким образом, значительно снижает вероятность рецидива инфекционного процесса [20]. Однако стабильная фиксация перелома – это один из ключевых факторов, стимулирующих процесс сращения костных отломков [12]. Чтобы добиться прочной фиксации, хирург может выбрать один из нескольких вариантов, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. Накостный остеосинтез пластинами и интрамедуллярный остеосинтез стержнем с блокированием обеспечивают хорошую стабильность, но требуют проведения нескольких оперативных вмешательств и связаны с высоким риском рецидива инфекции [6]. С другой стороны, использование внеочагового остеосинтеза аппаратом внешней фиксации может быть связано с развитием спицевого остеомиелита и рубцовыми изменениями мягких тканей, которые приводят к мышечным контрактурам и ограничению объема движений в прилежащих суставах [11]. Также, этот метод нежелательно использовать у пациентов, которые не могут неукоснительно соблюдать требования послеоперационного режима.

В идеальных условиях лечение должно ограничиваться одним оперативным вмешательством, обеспечивать хорошую стабильность костных фрагментов и создавать высокую локальную концентрацию соответствующего антибиотика. Стержень с блокированием и антибактериальным покрытием заполняет мертвое пространство, обеспечивает хорошую механическую стабильность костных фрагментов и создает потенциально высокую местную концентрацию антибиотиков [8, 10]. В нашем учреждении мы используем интрамедуллярные стержни с блокированием, покрытые ПММА (полиметилметакрилатным) – цементом с антибиотиком.

### Цель исследования

Исследование проведено с целью оценки эффективности применения интрамедуллярного остеосинтеза стержнем с блокированием и антибактериальным покрытием при инфицированных несращениях переломов костей голени.

### Материалы и методы

В наше исследование были включены 20 пациентов с инфицированными несращениями костей голени за период с января 2009 года по июль 2016 года (см. таблицу 1), из которых – 18 (90 %) пациентов были мужского пола и 2 (20 %) – женского. Средний возраст составил  $40,2 \pm 11,2$  лет, причем все пациенты, за исключением одного, были трудоспособного возраста (моложе 60 лет). Период времени от получения первичной травмы до остеосинтеза стержнем с блокированием и антибактериальным покрытием в среднем составил  $18,1 \pm 20,0$  месяцев. У 9 из 20 пациентов с инфицированными несращениями большеберцовой кости переломы изначально были открытыми. В остальных случаях были отмечены закрытые переломы, а инфицированные несращения развились как следствие предыдущих оперативных вмешательств: интрамедуллярного остеосинтеза, остеосинтеза пластинами или внеочагового остеосинтеза аппаратом Илизарова. 90 % (18) пациентов по классификации Cierny-Mader отно-

Таблица 1. Демографические данные исследуемой популяции пациентов

Показатель	Успешная эрадикация инфекции (n = 17)	Рецидив инфекции (n = 3)	Значение p <sup>a</sup>
Возраст, лет (диапазон)	41,5 (26–71)	33,3 (31–37)	0,266
Пол, n			
мужской	15	3	0,791
женский	2	0	
Тип перелома, n			
открытый	6	3	0,090
закрытый	11	0	
Возбудитель инфекции, n			
<i>S. aureus</i>	7	3	0,415
<i>S. epidermidis</i>	3	0	
другие	3	1	
нет роста	5	0	
Продолжительность операции, мин (диапазон)	112,88 (80–180)	143,33 (120–160)	0,069
Классификация по Cierny-Mader			
4A	2	0	0,791
4B	15	3	

<sup>a</sup> Значимость различий оценивали с помощью U-критерия Манна-Уитни.

сились к категории IIIB, а 2 к категории IIIA [3]. Функционирующие свищи были выявлены у всех пациентов, причем у одного пациента в проекции лоджого сустава был дефект мягких тканей.

### Особенности оперативного вмешательства

Как и при любых других хирургических процедурах, тщательное предоперационное планирование играет чрезвычайно важную роль. Перед операцией приблизительно оценивали объем дебрідмента, планировали возможную коррекцию существующих деформаций, определяли длину и толщину стрежня, возможность введения блокирующих винтов и учитывали все другие риски, с которыми мы можем столкнуться в операционной. У всех пациентов, у которых функционировали свищи, были взяты посеы с профилем чувствительности, поскольку это определяло выбор местных и системных антибиотиков. Тем не менее, большинство современных авторов сходятся во мнении, что посев отделяемого из свищевых ходов не дает достоверных данных о возбудителе инфекции [16].

Методика оперативного вмешательства включала три основных компонента: подготовку антибактериального покрытия, санацию очага инфекции и установку стержня в костномозговой канал. Пациента укладывали на ортопедическом столе в положение, подходящее для интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости (рис. 1). Область несращения вскрывали, проводили тщательную хирургическую обработку, удаляя все нежизнеспособные ткани вплоть до появления кровоточащей кости («parika sign») [2], затем рану обильно промывали растворами антисептиков и большим количеством физиологического раствора. Адекватный дебрідмент играет определяющую роль в профилактике рецидивов инфекции и предотвращении образования биопленки, которая не позволяет антибиотикам уничтожать патогенные мик-



Рисунок 1. Укладка пациента для интрамедуллярного остеосинтеза большеберцовой кости

роорганизмы. На этом этапе проводили забор образцов кости и гнойных грануляций, которые отправляли в бактериологическую лабораторию для исследований.

Покрытие стержня готовили в стерильных условиях в операционной. Для приготовления антибактериального покрытия брали одну упаковку импрегнированного гентамином полиметилметакрилатного костного цемента; трубку из ПВХ соответствующего диаметра (на 2–3 мм больше диаметра стержня); стержень с блокирующими отверстиями; 2–3 г ванкомицина (или другого термостабильного антибиотика, выбранного с учетом результатов посева и определения чувствительности в предоперационном периоде) на упаковку полиметилметакрилатного костного цемента (40 г).

Трубку из ПВХ обрезали таким образом, чтобы ее длина была чуть меньше, чем длина выбранного стержня (рис. 2, а). Обрезки использовали для заполнения блоки-

рующих отверстий стержня – это существенно облегчало рассверливание этих отверстий после нанесения цементного покрытия (рис. 2, б). Одну 40-граммовую упаковку костного цемента смешивали с антибиотиком до получения гомогенного порошка. Затем добавляли жидкий мономер и перемешивали. Цемент вводили в трубку из ПВХ в жидком состоянии с помощью шприца или пистолета (рис. 2, в). Стержень, соединенный с направителем, осторожно вводили в трубку, заполненную жидким цементом. Кончик стержня не должен быть покрыт цементом, поскольку это упрощает введение его в интрамедуллярный канал и предотвращает разрушение антибактериальной мантии. После того, как покрытие стержня затвердевает и охлаждается, трубку разрезали скальпелем в продольном направлении и снимали со стержня (рис. 2, г). Отверстия для блокирующих винтов рассверливали и освобождали от цемента (рис. 2, д). Когда стержень будет полностью готов (рис. 2, е), его вводили в подготовленный интрамедуллярный канал.

Обычно на подготовку стержня с антибактериальным покрытием из ПММА-цемента от установки дополнительного стерильного столика до введения стержня в интрамедуллярный канал требовалось около 30 минут. Один хирург начинал заниматься изготовлением покрытия на этапе введения анестезии, параллельно второй хирург и ассистент готовили пациента. Все хирурги и ассистенты, принимающие участие в процедуре хирургической обработки, меняли халаты и перчатки перед «чистым» этапом операции.

Интрамедуллярный канал рассверливали на 2 мм больше диаметра готового стержня с покрытием. В большинстве случаев стержни были солидными, поэтому для их введения мы не использовали проводник. Поскольку область ложного сустава открывали для дебридмента, стержень проводили в канал через место несращения, используя прямой визуальный контроль, пальпацию и ЭОП. Стержень устанавливали по стандартной методике, как и любой стержень с блокированием без цементного покрытия, и блокировали дистально и проксимально, чтобы обеспечить осевую и ротационную стабильность костных

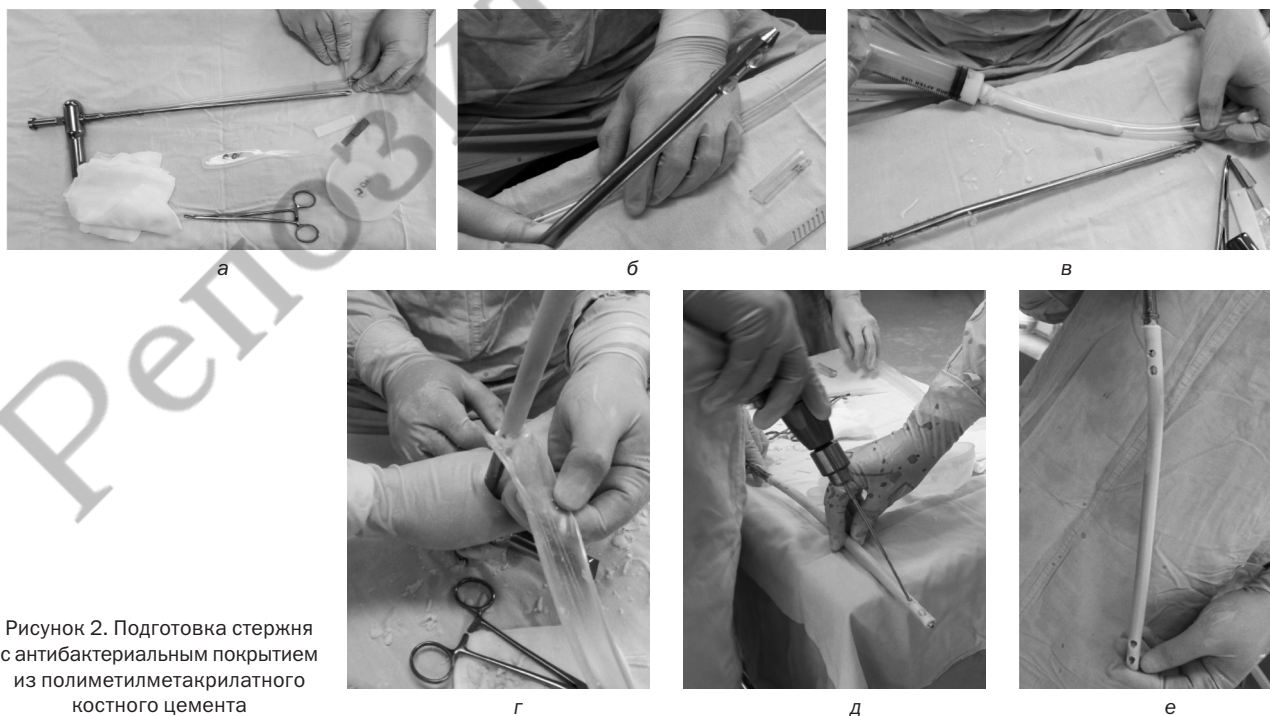


Рисунок 2. Подготовка стержня с антибактериальным покрытием из полиметилметакрилатного костного цемента



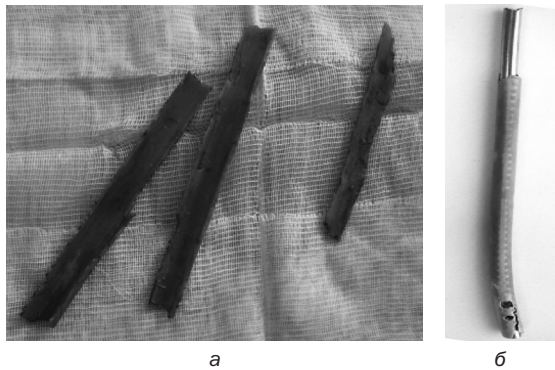


Рисунок 3. Фрагменты цементной мантии и стержень после удаления

отломков. Для подтверждения удовлетворительного расположения стержня использовали ЭОП-контроль.

Желательно вводить стержень вручную и не использовать молоток, так как цементная мантия может треснуть и фрагментироваться (рис. 3). Отделение цементной мантии от стержня также можно предотвратить, достаточно хорошо рассверлив костномозговой канал. Тем не менее, если во время операции происходит отделение мантии от стержня и на ЭОП-контроле видно, что в области ложного сустава на стержне мантии нет, необходимо извлечь стержень из интрамедуллярного канала, очистить канал от фрагментов цемента, изготовить цементное покрытие заново и повторить процедуру.

После операции все пациенты получали антибиотики внутривенно с учетом результатов посева интраоперационных материалов. Обычно парентеральные антибиотики назначали на 2 недели, затем еще 4–6 недель пациенты получали антибактериальные препараты *per os*. Внешнюю иммобилизацию не использовали, что создавало благоприятные условия для раннего начала дозированных движений в смежных суставах практически сразу после оперативного вмешательства. В зависимости от анатомических особенностей несращения пациентам разрешали контакт оперированной нижней конечности с полом либо частичную нагрузку весом. В послеоперационном периоде проводили мониторинг лабораторных показателей, включая ОАК, СОЭ, СРБ, для определения активности инфекционного процесса. Контрольные визиты проводились через 6, 12, 24 и 52 недели.

Если удаление стержня с блокированием и антибактериальным покрытием из костного цемента показано из-за рецидива инфекции или по другим причинам, процедура проводится по стандартной методике. Если происходит отделение мантии от стержня, цементную мантию можно удалить из канала с помощью инструментов, которые обычно используются для удаления цемента при ревизионных операциях после цементного эндопротезирования суставов.

### Результаты и обсуждение

Через один год после операции у 17 пациентов была зафиксирована успешная эрадикация инфекционного процесса, то есть после операции и завершения курса антибактериальной терапии не наблюдалось никаких признаков рецидива инфекции. Трем пациентам в связи с наличием клинических и лабораторных признаков рецидива инфекции были выполнены повторные вмешательства, включающие повторный дебридмент и замену стержня с антибактериальным покрытием. Все случаи рециди-



Рисунок 4. Рентгенограммы пациента 3. 50 лет. Перед операцией (через 8 месяцев после интрамедуллярного остеосинтеза по поводу открытого перелома) и через 6 месяцев после остеосинтеза стержнем с блокированием и антибактериальным покрытием

ва инфекции были зафиксированы в первые три месяца после операции. Рентгенография продемонстрировала наличие костного сращения у 19 (95,0 %) пациентов, и все 20 (100 %) пациентов ходили с полной нагрузкой на оперированную конечность. Средний срок до сращения составил 8,1 (3–24) месяцев.

Пред- и интраоперационные посевы выявили *S. aureus* у 9, *S. epidermidis* у 3, *Enterobacter cloacae* у 2, *Klebsiella Pneumoniae* у 1, *Achromobacter xylosoxidans* у 1 отсутствие роста у 5 пациентов. У 2 пациентов высевалось больше одного микроорганизма.

Средняя продолжительность пребывания пациентов в стационаре составила 25,1 (10–54) суток. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила 117,5 (80–180) минут. Для остеосинтеза использовали стержни диаметром 8–10 мм, диаметр цементной мантии составлял 2–3 мм.

Таблица 2. Результаты лечения пациентов с рецидивом инфекционного процесса

Пол	Возраст	Тип перелома	Возбудитель инфекции	Последующие операции	Клинический исход
М	31	Открытый IIIB	<i>St. Aureus</i>	ФСНЭ, замена стержня, динамизация стержня	Эрадикация инфекции
М	37	Открытый IIIB	<i>Enterobacter cloacae</i> , <i>St. aureus</i> ,	ФСНЭ, удаление металлоконструкций после сращения	Сращение, Эрадикация инфекции
М	32	Открытый IIIA	<i>St. Aureus</i>	3 ФСНЭ, удаление металлоконструкций после сращения	Сращение, Эрадикация инфекции

Хронический посттравматический остеомиелит является грозным осложнением после остеосинтеза по поводу переломов длинных трубчатых костей [13, 18]. Послеоперационные инфекционные осложнения могут развиваться как после открытых, так и после закрытых переломов и по данным литературы составляют 14 % [7] и 1,0–1,5 [4], соответственно. В литературе описано множество методов лечения инфицированных несращений длинных трубчатых костей. Интрамедуллярные устройства используют в качестве средства борьбы с инфекцией [10, 14, 19] и в качестве стабилизирующей конструкции, стимулирующей сращение костных отломков [17].

## Оригинальные научные публикации

В нашем исследовании применение стержней с блокированием и антибактериальным покрытием из ПММА-цемента позволило добиться успешного контроля инфекции у 85 % пациентов. Это несколько выше, чем в недавнем исследовании Reilly et al. [15], и совпадает с данными Thonse R., Conway J. [19], которые изучили применение данной методики на наибольшей из описанных в литературе на данный момент выборке пациентов. Их исследование включало 52 пациента, однако локализация процесса была достаточно разнородной – голеностопный и коленный суставы, большеберцовая и бедренная кости – в то время как наше исследование ограничивалось исключительно инфицированными несращениями большеберцовой кости.

Примечательно, что независимо от наличия костного сращения, данный метод позволил всем пациентам через год полностью нагружать оперированную конечность. В отличие от методик, в которых цемент с антибиотиком наносят на спицы Киршнера [10, 14, 15], наш метод обеспечил осевую и ротационную стабильность кости уже после первой операции, что существенно улучшило качество жизни пациентов и облегчило процесс реабилитации.

Наша работа продемонстрировала перспективность применения методики в лечении инфицированных несращений переломов большеберцовой кости, что станет основой для дальнейших исследований и глубокого анализа полученных результатов.

### Литература

1. Ситник, А. А., Волотовский П. А., Белецкий А. В. Восстановление мягких тканей при открытых переломах голени // Медицинские новости. – 2016. – № 11. – С. 37–41.
2. Chadayammuri, V., Hake M., Mauffrey C. Innovative strategies for the management of long bone infection: a review of the Masquelet technique. Patient Saf Surg. 2015;9:32. doi: 10.1186/s13037-015-0079-0.
3. Cierny, III G., Mader J., Penninck J. The classic: a clinical staging system for adult osteomyelitis. Clin. Orthop. 2003;414:7–24.
4. Coles, C. P., Gross M. Closed tibial shaft fractures: management and treatment complications. A review of the prospective literature. Can. J. Surg. 2000;43:256–262.
5. Jain, A. K., Sinha S. Infected nonunion of the long bones // Clin. Orthop. Relat. Res. 2005;431:57–65.

6. Jorge, L. S., Chueire A. G., Fucuta P. S., Machado M. N., Oliveira M. G. L., Nakazone M. A., Salles M. J. Predisposing factors for recurrence of chronic posttraumatic osteomyelitis: a retrospective observational cohort study from a tertiary referral center in Brazil. Patient Saf Surg. 2017;2;11:17.
7. Joshi, D., Ahmed A., Krishna L., Lal Y. Unreamed interlocking nailing in open fractures of tibia // J. Orthop Surg (HongKong). 2004;12:216–221.
8. Madanagopal, S. G., Seligson D., Roberts C. S. The antibiotic cement nail for infection after tibial nailing. Orthopedics. 2004; 27:709–12.
9. Motsitsi, N. S. Management of infected nonunion of long bones: The last decade (1996–2006). Injury. 2008;39:155–60.
10. Paley, D., Herzenberg J. E. Intramedullary infections treated with antibiotic cement rods: Preliminary results in nine cases / J. Orthop. Trauma. 2002;16:723–9.
11. Paley, D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique // Clin. Orthop. Relat. Res. 1990;250:81–104.
12. Patzakis, M., Zalavras C. Chronic posttraumatic osteomyelitis and infected nonunion of the tibia: current management concepts // J. Am. Acad. Orthop. Surg. 2005;13:417–27.
13. Petrisor, B., Anderson S., Court-Brown C. M. Infection after reamed intramedullary nailing of the tibia: a case series review // J. Orthop. Trauma. 2005;19:437–441.
14. Qiang, Z., Jun P. Z., Jie X. J., Hang L., Bing L. J., Cai L. F. Use of antibiotic cement rod to treat intramedullary infection after nailing: Preliminary study in 19 patients // Arch. Orthop. Trauma Surg. 2007;127:945–51.
15. Reilly, R. M. et al. Are antibiotic nails effective in the treatment of infected tibial fractures? Injury (2016).
16. Schmidt, H. G., Tiemann A. H., Braunschweig R. et al. Zur Definition der Diagnose Osteomyelitis-Osteomyelitis-Diagnose-Score (ODS). Z Orthop Unfall. 2011;149:449–60.
17. Shahcheraghi, G. H., Bayatpoor A. Infected tibial nonunion // Can J. Surg. 1994;37:209–13.
18. Simpson, A. H., Cole A. S., Kenwright Leg lengthening over an intramedullary nail // J. Bone. Joint Surg. Br. 1999;81:1041–1045.
19. Thonse, R., Conway J. Antibiotic cement-coated interlocking nail for the treatment of infected nonunions and segmental bone defects // J. Orthop. Trauma. 2007;21:258–68.
20. Trampuz, A., Zimmerli W. New strategies for the treatment of infections associated with prosthetic joints // Curr. OpinInvest. Drugs. 2005;6:185–90.