



## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕЙСЕРА ТАЗОБЕДРЕННОГО СУСТАВА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ПАРАПРОТЕЗНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ

Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, г. Воронеж,  
Российская Федерация

**Цель.** Оценка возможности использования разработанного спейсера при лечении инфекционных осложнений после операции эндопротезирования тазобедренного сустава.

**Материал и методы.** Для улучшения результатов лечения парапротезной инфекции разработан спейсер тазобедренного сустава. Он состоит из головки, шейки и ножки, изготовленных из костного цемента. Внутри него имеется каркас, соединенный с помповым микронасосом. Каркас выполнен в виде четырех металлических трубок, внутри которых находятся растворы лекарственных средств. Поршни насосов изготовлены из ферромагнита для возможности взаимодействия с магнитом, подносимым к поверхности тела. В спейсере имеется возможность выделения из него лекарственных средств в послеоперационном периоде посредством воздействия на него внешнего магнитного поля. На базе кафедры травматологии и ортопедии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко был создан действующий макет спейсера. Для оценки функциональных возможностей спейсера были проведены экспериментальные исследования на кроликах. В брюшную полость животным под внутривенным наркозом устанавливали имплантат, содержащий раствор Пирогенала. Проводили оценку средней температуры в исследуемой группе до начала эксперимента и после введения Пирогенала (под воздействием магнитного поля).

**Результаты.** Температура после начала работы спейсера достоверно отличалась от температуры до начала эксперимента ( $t$ -критерий – 17,17,  $p < 0,05$ ), что можно объяснить попаданием в кровь животных Пирогенала, содержащегося в спейсере. Проведенные исследования продемонстрировали возможность выделения лекарственных средств, находящихся внутри спейсера, во внутреннюю среду под воздействием на спейсер магнитного поля.

**Заключение.** Предложенный имплантат позволяет увеличить объем и количество лекарственных средств, выделяемых из него в рану. При этом у хирургов есть возможность после операции неинвазивно контролировать скорость введения препаратов в парапротезное пространство для обеспечения их необходимой концентрации.

*Ключевые слова:* эндопротез тазобедренного сустава, парапротезная инфекция, цементный спейсер, ревизионное эндопротезирование

**Objective.** Assessment of the possibility to use the developed spacer device while treating infectious complications after the hip replacement surgery.

**Methods.** The hip spacer has been developed to improve the outcomes of periprosthetic infection treatment. The spacer consists of the head, neck and a stem, made of bone cement. The carcass connected with the micropump is located inside it. The carcass is made in the form of four metal tubes which hold a liquid solution of drugs. The pump pistons are made of ferromagnet to interact with a magnet brought to the surface of the body. Drugs are released from the spacer under the external magnetic field exposure in the postoperative period. The working spacer model was developed on the basis of the department of traumatology and orthopedics of Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko. Experimental studies on rabbits were conducted to evaluate the functionality of the spacer device. An implant containing Pyrogenal solution was inserted in the abdominal cavity of animals under the intravenous anesthesia. In the test group the average temperature was estimated prior to and after the introduction of Pyrogenal (under the magnetic field exposure).

**Results.** The temperature measured after the onset of the spacer operation differed trustworthily from those measured prior to the onset of the experiment ( $T$ -test – 17.17,  $p < 0.05$ ). This can be explained by the inoculation of Pyrogenal contained in the spacer into the blood of animals. Experimental studies demonstrated the possibility of drugs release from the spacer into the wound under the magnetic field exposure on the spacer.

**Conclusion.** The proposed implant allows increasing the volume and quantity of drugs released from it into the wound. Surgeons can non-invasively control the rate of drugs inoculated directly into blood of the periprosthetic space in postoperative period. This provides the required concentration of drugs to help eradicate infection.

*Keywords:* hip endoprosthesis, periprosthetic infection, bone cement spacer, revision endoprosthesis



### Научная новизна статьи

Впервые разработан спейсер тазобедренного сустава, позволяющий под воздействием внешнего магнитного поля выделять в парапротезное пространство лекарственные средства, находящиеся внутри самого спейсера. По сравнению с другими способами введения спейсер увеличивает количество лекарственных средств, поступающих непосредственно в околопротезные ткани, что, соответственно, снижает их возможные побочные эффекты.

### What this paper adds

For the first time the hip joint spacer has been developed allowing under the an external magnetic field exposure to release into the periprosthetic space the drugs that placed are inside the spacer. Compared to other routes of administration the spacer increases deposition of medication inoculated directly into the periprosthetic tissues, thereby reducing the potential side effects of it.

### Введение

Широкое распространение операций тотального эндопротезирования тазобедренного сустава, позволяющих добиться хороших результатов в лечении ортопедической патологии, сопровождается увеличением количества осложнений после данных вмешательств [1]. Одним из них является парапротезная инфекция, частота которой, по данным Норвежского регистра эндопротезирования, составляет 0,7%, по данным госпиталя имени Томаса Джефферсона (США), – 0,7%, по данным Новосибирского НИИТО, – 1,6% [2, 3, 4]. Осложнение приводит к стойкой утрате трудоспособности, инвалидности, а также значительно повышает финансовые затраты на лечение таких пациентов [5].

В ряде случаев вылечить инфекцию с сохранением имплантатов не представляется возможным. Приходится удалять эндопротез и устанавливать пациенту временный цементный спейсер, импрегнированный антибиотиками, с проведением последующего курса супрессивной антибактериальной терапии [6, 7]. Для купирования инфекции необходимо назначение комбинации антибиотиков на продолжительный период. Подобная терапия может сопровождаться побочными эффектами применяемых препаратов, например, нарушением функций печени, почек, развитием антибиотикоассоциированного колита [8, 9].

При развитии инфекции в области эндопротеза вокруг очага воспаления формируется лейкоцитарный вал и рубцовая капсула, которые ограничивают область воспаления от окружающих тканей. Это, в свою очередь, способствует уменьшению количества антибиотиков, поступающих в область инфекции, при их пероральном (или парентеральном) приеме [10]. Эффективность лечения парапротезной инфекции, соответственно, снижается.

Несмотря на то, что в настоящее время разработаны различные виды спейсеров тазобедренного сустава, проблема выделения

антибиотика из самого спейсера остается нерешенной. По данным некоторых авторов, выделение антибиотика из имплантата происходит только с его поверхностных слоев, а препарат, находящийся внутри, фактически бездействует [11]. Для решения этой проблемы предложены различные виды спейсеров, имеющие отверстия внутри, различные неровности наружной поверхности, безусловно, увеличивающие ее площадь и тем самым количество лекарственного препарата, выходящего в рану. Примерами подобных имплантатов могут служить, например, артикулирующий спейсер тазобедренного сустава с метадиафизарной фиксацией (патент RU 110262), спейсер тазобедренного сустава (патент RU 135905). Однако они не позволяют обеспечить равномерную концентрацию антибиотика в ране на протяжении длительного времени, которая необходима для разрушения микробных биопленок и купирования воспалительного процесса.

Еще одним недостатком существующих в настоящее время спейсеров является невозможность использования в имплантате комбинации антибактериальных препаратов, поскольку добавление в цемент нескольких антибиотиков может снизить его механическую прочность, а также уменьшить эффективность самих препаратов за счет их взаимодействия друг с другом и с костным цементом.

**Цель.** Оценка эффективности использования разработанного спейсера при лечении инфекционных осложнений эндопротезирования.

### Материал и методы

Для улучшения результатов лечения парапротезной инфекции был предложен оригинальный спейсер тазобедренного сустава, патент RU 2680771.

Схема разработанного спейсера представлена на рис. 1.

Разработанный спейсер тазобедренного сустава состоит из головки, шейки и ножки, изготовленных из костного цемента. Внутри

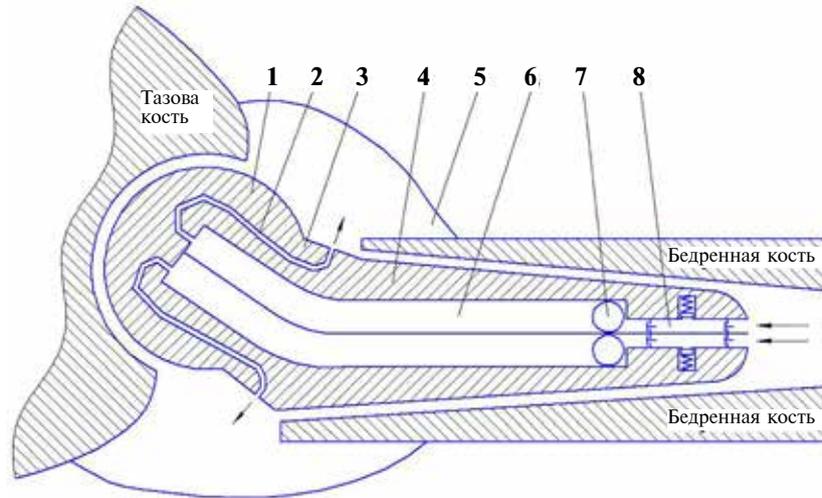


Рис. 1. Схема спейсера тазобедренного сустава.

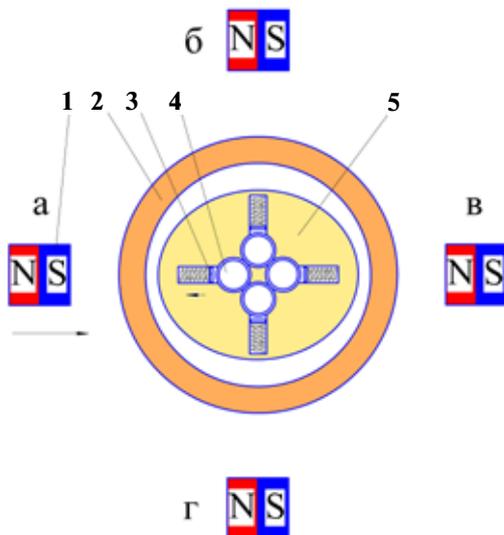
1 – головка, 2 – отводящая трубка, 3 – шейка, 4 – ножка, 5 – полость тазобедренного сустава, 6 – металлическая трубка (каркас), 7 – поршень, 8 – помповый насос.

ножки имеются четыре помповых насоса, расположенные в двух перпендикулярных плоскостях и выходящие на поверхность спейсера на нижнем конце ножки. Поршни насосов изготавливаются из ферромагнита для возможности взаимодействия с магнитом, подносимым к поверхности тела.

Они располагаются в спейсере в двух перпендикулярных плоскостях, что обеспечивает возможность использования каждого насоса по отдельности (рис. 2).

Также внутри спейсера имеется каркас, выполненный в виде четырех металлических трубок из парамагнетика, неподвижно соединенных друг с другом и расположенных вдоль

Рис. 2. Поперечный срез бедренной кости с установленным спейсером. 1 – магнит, 2 – бедренная кость, 3 – поршень помпового насоса, 4 – помповый насос, 5 – костный цемент, а, б, в, г – варианты расположения магнита.



оси ножки и шейки спейсера (рис. 1). Каждая из четырех металлических трубок соединена с соответствующим помповым насосом и внутри заполнена лекарственным средством. Со стороны помпового насоса внутри каждой трубки имеется поршень, а с противоположной стороны присоединена отводящая трубка, выходящая на поверхность спейсера в области его шейки. При работе помпового насоса поршень, расположенный внутри металлической трубки, перемещается внутри нее и выталкивает лекарственное средство в полость сустава (рис. 1).

Для оценки технической реализуемости спейсера и возможности практического применения на базе кафедры травматологии и ортопедии ВГМУ им. Н.Н. Бурденко был создан его действующий макет из костного цемента. В макете были допущены некоторые упрощения, такие, как использование только одного помпового насоса и применение пластикового каркаса. Помповый насос был изготовлен из элементов помповых насосов, используемых при изготовлении парфюмерной продукции, а также из элементов инсулиновых шприцев (рис. 3, 4).

Для оценки функциональных возможностей макета спейсера были проведены экспериментальные исследования на десяти кроликах обоих полов в возрасте 1-2 лет, массой 2,0-2,2 кг. Исследования проводились в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). Протокол исследования был одобрен этическим комитетом ВГМУ им. Н.Н. Бурденко (протокол заседания 3 от 25.09.2015).

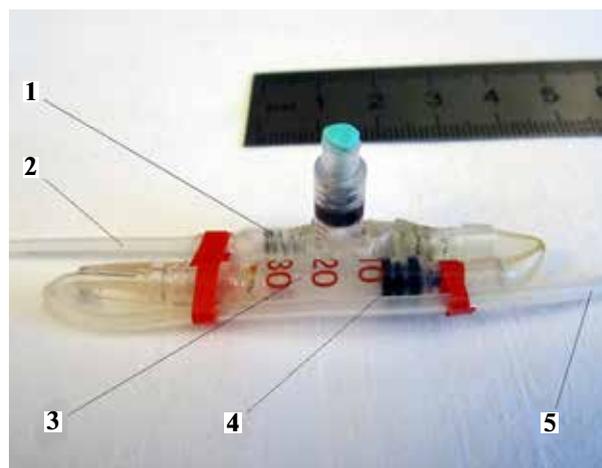


Рис. 3. Внешний вид действующего макета (без костного цемента). 1 – помповый насос, 2 – подводящая трубка, 3 – емкость с антибиотиком (каркас), 4 – поршень, 5 – отводящая трубка.

В брюшную полость животным под внутривенным наркозом устанавливали имплантат таким образом, что помповый насос, расположенный внутри него, располагался в сторону разреза и поднесение магнита с этой стороны вызывало функционирование помпового насоса. Предварительно емкость с лекарственным средством, находящаяся внутри спейсера, объемом 0,5 мл заполнялась раствором Пирогенала (100 мкг/мл). Через 2 недели после заживления раны проводили эксперимент. Кроликам с исходной ректальной температурой  $38,5-38,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  подносился постоянный магнит со стороны послеоперационного рубца, что вызывало перемещение поршня помпового насоса и, соответственно, выделение Пирогенала в брюшную полость из спейсера. После отклонения в сторону магнита поршень помпового насоса возвращался в исходное положение, что и обеспечивало выделение лекарственного средства в брюшную полость животного. Через 30 минут осуществлялись повторные измерения температуры.

### Статистика

Для статистической обработки материала была использована программа SPSSStatisticsv. 17.0. Проводили оценку средней температуры и стандартного отклонения ( $M \pm \sigma$ ) в исследуемой группе до начала эксперимента и после введения Пирогенала. Распределение величин в зависимых выборках, а также распределение их изменений соответствовали нормальному, в связи с чем сравнение средних значений осуществляли с использованием парного  $t$ -критерия Стьюдента.

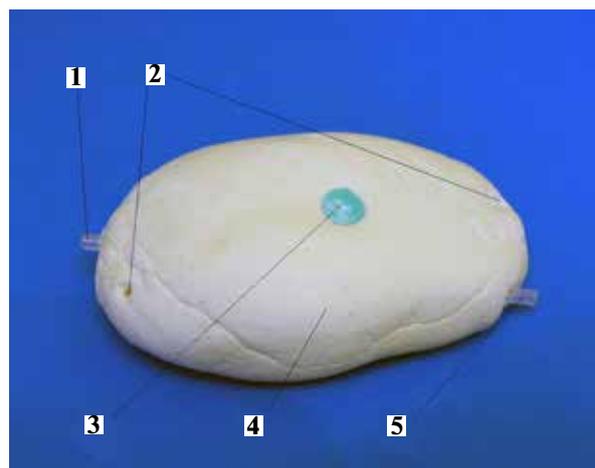


Рис. 4. Внешний вид действующего макета (с костным цементом). 1 – подводящая трубка, 2 – отверстия для подшивания спейсера, 3 – помповый насос (фрагмент), 4 – костный цемент, 5 – отводящая трубка.

### Результаты

Средняя температура в начале эксперимента (до введения Пирогенала) составила  $38,5 \pm 0,05\text{ }^{\circ}\text{C}$ , после введения –  $39,3 \pm 0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, температура после начала работы спейсера достоверно отличалась от температуры до начала эксперимента ( $t$ -критерий – 17,17,  $p < 0,05$ ), что можно объяснить попаданием в кровь животных Пирогенала, содержащегося в спейсере. Проведенные эксперименты продемонстрировали возможность выделения лекарственного средства из макета спейсера под воздействием магнитного поля.

### Обсуждение

Двухэтапное эндопротезирование с установкой цементного спейсера является одной из наиболее эффективных методик лечения глубокой парапротезной инфекции [12, 13]. Несмотря на это, данные операции сопровождаются рядом осложнений, таких как поломка спейсера, протрузия металлоконструкций в вертлужную впадину, вывихи, переломы бедренной кости [14].

В отличие от обычных спейсеров тазобедренного сустава, в которых для увеличения их механической прочности используется металлический стержень, в предложенном спейсере для этой цели используются четыре металлические трубки, сваренные между собой. Это позволяет, с одной стороны, обеспечить необходимую прочность имплантата, с другой стороны, трубки являются «емкостями» для лекарственных средств. Помповый насос в предложенном спейсере, в отличие от демонстрационного макета, может быть изготовлен с

использованием технологий 3D-печати, иметь более компактную конструкцию и, по сути, являться микропомповым насосом для размещения в самой дистальной части спейсера. Все это позволяет максимально увеличить «полезный» объем внутреннего пространства спейсера для лекарственных средств.

К антибиотикам, которые добавляются к костному цементу при изготовлении спейсера, предъявляются жесткие требования: устойчивость к нагреванию во время реакции полимеризации, гипоаллергенность, широкий спектр бактерицидной активности, водорастворимость. В связи с этим у хирургов есть ограниченное количество лекарственных средств, которые они могут использовать при лечении парапротезной инфекции. Кроме того, некоторые антибиотики изменяют физико-химические свойства костного цемента, что может приводить к увеличению времени полимеризации, снижению прочности спейсера [15].

Возбудители парапротезной инфекции продуцируют на поверхности имплантатов липополисахаридную биопленку, защищающую бактерии от внешних воздействий. Это требует значительного увеличения концентрации антибактериальных препаратов в очаге воспаления [16].

Поскольку в предложенном спейсере имеются четыре емкости для лекарственных средств, это обеспечивает возможность использования различных комбинаций лекарственных препаратов для максимально эффективного лечения парапротезной инфекции. В их числе могут быть два-три антибиотика (с учетом результатов посевов), бактериофаги, регуляторы кислотности, различные антисептики. При этом у хирурга есть возможность неинвазивно, под воздействием магнитного поля, управлять каждым из четырех помповых насосов и, соответственно, изменять такие параметры, как скорость введения препаратов, последовательность их введения для обеспечения наиболее эффективной концентрации лекарств в ране.

После операции по установке спейсера вокруг очага инфекции формируется лейкоцитарный и рубцовый вал, препятствующий проникновению через него лекарственных препаратов, вводимых перорально или парентерально. В случае использования предложенного имплантата данный «барьер» может оказывать положительное влияние, задерживая попадание антибиотиков или антисептиков в кровоток и их выведение из организма. Уменьшение выделения лекарственных средств в окружающие ткани увеличивает их эффект в самой ране и уменьшает побочные эффекты в организме пациента.

С учетом небольшого объема жидкой среды, которая формируется вокруг спейсера после его установки, для создания необходимой бактерицидной или бактериостатической концентрации антибиотиков в ней не требуется большого количества препаратов. Таким образом, введение даже небольшого объема лекарств из спейсера может обеспечить их эффект на протяжении длительного промежутка времени, тем самым снизив дозу или вообще исключив пероральные или парентеральные лекарственные средства.

### **Заключение**

Проведенные исследования продемонстрировали возможность выделения лекарственного средства из действующего макета спейсера под воздействием магнитного поля. Его функциональные возможности позволяют увеличить количество лекарственных средств, поступающих непосредственно в парапротезную область, и, соответственно, снизить их возможные побочные эффекты по сравнению с другими способами введения. При этом у хирургов есть возможность после операции неинвазивно контролировать скорость введения препаратов для создания необходимой их концентрации в ране.

### **Финансирование**

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов авторы не получали.

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют, что конфликт интересов отсутствует.

### **Этические аспекты.**

#### **Одобрение комитета по этике**

Исследование одобрено этическим комитетом Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ахтямов ИФ, Кузьмин ИИ. Ошибки и осложнения эндопротезирования тазобедренного сустава: рук для врачей. Казань, РФ: Центр оператив. печати; 2006. 328 с.
2. Engesaeter LB, Dale H, Schrama JC, Hallan G, Lie SA. Surgical procedures in the treatment of 784 infected THAs reported to the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2011 Oct;82(5):530-37. doi:

10.3109/17453674.2011.623572

3. Pulido L, Ghanem E, Joshi A, Purtill JJ, Parvizi J. Periprosthetic joint infection: the incidence, timing, and predisposing factors. *Clin Orthop Relat Res.* 2008 Jul;466(7):1710-15. doi: 10.1007/s11999-008-0209-4
4. Гольник ВН, Прохоренко ВМ, Павлов ВВ. Лечение ранней парапротезной инфекции при эндопротезировании тазобедренного сустава. *Клин Медицина.* 2012;(4):35-38. <https://cyberleninka.ru/article/n/lechenie-ranney-paraproteznoy-infektsii-pri-endoprotezirovanii-tazobedrennogo-sustava>
5. Eka A, Chen AF. Patient-related medical risk factors for periprosthetic joint infection of the hip and knee. *Ann Transl Med.* 2015 Sep;3(16):233. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.09.26
6. Миронов СП, Котельников ГП, ред. Ортопедия: нац рук. 2-е изд., перераб. и доп. Москва, РФ: ГЭОТАР-Медиа; 2013. 944 с. <http://www.geotar.ru/lots/Q0122180.html>
7. Зубрицкий ВФ, Козлов ЮА. Инфекционные осложнения в эндопротезировании крупных суставов. *Вестн Нац Мед-Хирург Центра им НИ Пирогова.* 2012;7(1):98-103. [http://www.pirogov-vestnik.ru/upload/uf/e43/magazine\\_2012\\_1.pdf](http://www.pirogov-vestnik.ru/upload/uf/e43/magazine_2012_1.pdf)
8. Артюх ВА, Божкова СА. Второй этап двухэтапного ревизионного эндопротезирования. В кн: Артюх ВА, Божкова СА, сост. Двухэтапное ревизионное эндопротезирование в лечении перипротезной инфекции в области тазобедренного сустава: Федеральные клинические рекомендации. С-Петербург, РФ; 2015. с. 23-29.
9. Загородный НВ. Эндопротезирование тазобедренного сустава. Основы и практика: рук. Москва, РФ: ГЭОТАР-Медиа; 2012. 704 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422250.html>
10. Кузин МИ, Костюченко БМ, ред. Раны и раневая инфекция: рук для врачей. Москва, РФ: Медицина; 1990. 592 с.
11. Atıcı T, Şahin N, Çavun S, Özakin C, Kaleli T. Antibiotic release and antibacterial efficacy in cement spacers and cement beads impregnated with different techniques: In vitro study. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* 2018 Aug;29(2):71-78. doi: 10.5606/ehc.2018.59021
12. Мурьев ВЮ, Куковенко ГА, Елизаров ПМ, Иваненко ЛР, Сорокина ГЛ, Рукин ЯА, Алексеев СС, Германов ВГ. Алгоритм первого этапа лечения поздней глубокой перипротезной инфекции тазобедренного сустава. *Травматология и Ортопедия России.* 2018;24(4):95-104. doi: 10.21823/2311-2905-2018-24-4-95-104
13. Marczak D, Synder M, Sibiński M, Polgaj M, Dudka J, Kowalczewski J. Two stage revision hip arthroplasty in peri prosthetic joint infection. Comparison study: with or without the use of a spacer. *Int Orthop.* 2017 Nov;41(11):2253-58. doi: 10.1007/s00264-017-3500-8
14. Faschingbauer M, Reichel H, Bieger R, Kappe T. Mechanical complications with one hundred and thirty eight (antibiotic-laden) cement spacers in the treatment of periprosthetic infection after total hip arthroplasty. *Int Orthop.* 2015 May;39(5):989-94. doi: 10.1007/s00264-014-2636-z
15. van Vugt TAG, Arts JJ, Geurts JAP. Antibiotic-loaded polymethylmethacrylate beads and spacers in treatment of orthopedic infections and the role of biofilm formation. *Front Microbiol.* 2019 Jul 25;10:1626. doi: 10.3389/fmicb.2019.01626. eCollection 2019.
16. Самохин АГ, Фёдоров ЕА, Козлова ЮН, Ти-

кунова НВ, Павлов ВВ, Морозова ВВ, Кретьен СО. Применение литических бактериофагов при хирургическом лечении перипротезной инфекции эндопротеза тазобедренного сустава (пилотное исследование). *Соврем Проблемы Науки и Образования.* 2016;(6):209. <https://www.science-education.ru/article/view?id=25851>

## REFERENCES

1. Akhtiamov IF, Kuz'min II. Oshibki i oslozhneniia endoprotezirovaniia tazobedrennogo sustava: ruk dlia vrachei. Kazan', RF: Tsentr operativ. pečati; 2006. 328 p. (In Russ.)
2. Engesæter LB, Dale H, Schrama JC, Hallan G, Lie SA. Surgical procedures in the treatment of 784 infected THAs reported to the Norwegian Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2011 Oct;82(5):530-37. doi: 10.3109/17453674.2011.623572
3. Pulido L, Ghanem E, Joshi A, Purtill JJ, Parvizi J. Periprosthetic joint infection: the incidence, timing, and predisposing factors. *Clin Orthop Relat Res.* 2008 Jul;466(7):1710-15. doi: 10.1007/s11999-008-0209-4
4. Golnik VN, Prokhorenko VM, Pavlov VV. Treatment of early periprosthetic infection at hip replacement. *Klin Meditsina.* 2012;(4):35-38. <https://cyberleninka.ru/article/n/lechenie-ranney-paraproteznoy-infektsii-pri-endoprotezirovanii-tazobedrennogo-sustava> (In Russ.)
5. Eka A, Chen AF. Patient-related medical risk factors for periprosthetic joint infection of the hip and knee. *Ann Transl Med.* 2015 Sep;3(16):233. doi: 10.3978/j.issn.2305-5839.2015.09.26
6. Mironov SP, Kotelnikov GP, red. Ortopediia: nats ruk. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow, RF: GEOTAR-Media; 2013. 944 p. <http://www.geotar.ru/lots/Q0122180.html> (In Russ.)
7. Zubritsky VF, Kozlov YuA. Infectious complications during large joint replacement. *Vestn Nats Med-Khirurg Tsentra im NI Pirogova.* 2012;7(1):98-103. [http://www.pirogov-vestnik.ru/upload/uf/e43/magazine\\_2012\\_1.pdf](http://www.pirogov-vestnik.ru/upload/uf/e43/magazine_2012_1.pdf) (In Russ.)
8. Artiukh VA, Bozhkova SA. Vtoroi etap dvukhetapnogo revizionnogo endoprotezirovaniia. V kn: Artiukh VA, Bozhkova SA, sost. Dvukhetapnoe revizionnoe endoprotezirovanie v lechenii periproteznoi infektsii v oblasti tazobedrennogo sustava: Federal'nye klinicheskie rekomendatsii. S-Petersburg, RF; 2015. p. 23-29. (In Russ.)
9. Zagorodnii NV. Endoprotezirovanie tazobedrennogo sustava. Osnovy i praktika: ruk. Moscow, RF: GEOTAR-Media; 2012. 704 p. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970422250.html> (In Russ.)
10. Kuzin MI, Kostiuhenok BM, red. Rany i ranevaia infektsiia: ruk dlia vrachei. Moscow, RF: Meditsina; 1990. 592 p. (In Russ.)
11. Atıcı T, Şahin N, Çavun S, Özakin C, Kaleli T. Antibiotic release and antibacterial efficacy in cement spacers and cement beads impregnated with different techniques: In vitro study. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi.* 2018 Aug;29(2):71-78. doi: 10.5606/ehc.2018.59021
12. Murylev VYu, Kukovenko GA, Elizarov PM, Ivanenko LR, Sorokina GL, Rukin YA, Alekseev SS, Germanov V.G. The first-stage treatment algorithm for deep infected total hip arthroplasty. *Traumatology and Orthopedics of Russia.* 2018;24(4):95-104. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2018-24-4-95-104> (In Russ.)
13. Marczak D, Synder M, Sibiński M, Polgaj M, Dud-

ka J, Kowalczewski J. Two stage revision hip arthroplasty in periprosthetic joint infection. Comparison study: with or without the use of a spacer. *Int Orthop.* 2017 Nov;41(11):2253-58. doi: 10.1007/s00264-017-3500-8

14. Faschingbauer M, Reichel H, Bieger R, Kappe T. Mechanical complications with one hundred and thirty eight (antibiotic-laden) cement spacers in the treatment of periprosthetic infection after total hip arthroplasty. *Int Orthop.* 2015 May;39(5):989-94. doi: 10.1007/s00264-014-2636-z

15. van Vugt TAG, Arts JJ, Geurts JAP. Antibiotic-

loaded polymethylmethacrylate beads and spacers in treatment of orthopedic infections and the role of bio-film formation. *Front Microbiol.* 2019 Jul 25;10:1626. doi: 10.3389/fmicb.2019.01626. eCollection 2019.

16. Samokhin AG, Fedorov EA, Kozlova YN, Tikunova NV, Pavlov VV, Morozova VV, Krclien SO. Application of the lytic bacteriophages during surgical treatment of the periprosthetic infection of the hip joint endoprosthesis (pilot study). *Sovrem Problemy Nauki i Obrazovaniia.* 2016;(6):209. <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=25851> (In Russ.)

#### Адрес для корреспонденции

394036, Российская Федерация,  
г. Воронеж, ул. Студенческая, д. 10,  
Воронежский государственный медицинский  
университет им. Н.Н. Бурденко,  
кафедра травматологии и ортопедии,  
тел.: +7 4732 57-96-67,  
e-mail: v\_samoday@mail.ru,  
Самодай Валерий Григорьевич

#### Address for correspondence

394036, Russian Federation,  
Voronezh, Studencheskaya str., 10,  
Voronezh State Medical University  
Named after N.N. Burdenko,  
the Department of Traumatology and Orthopedics,  
tel. +7 4732 57-96-67  
e-mail: v\_samoday@mail.ru,  
Valery G. Samoday

#### Сведения об авторах

Варфоломеев Денис Игоревич, врач – травматолог-ортопед, слушатель кафедры травматологии и ортопедии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Российская Федерация.  
<https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>

Самодай Валерий Григорьевич, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, г. Воронеж, Российская Федерация.  
<https://orcid.org/0000-0003-1414-0832>

#### Information about the authors

Varfolomeev Denis I., Traumatologist-Orthopedist, Attendee of the Department of Traumatology and Orthopedics, Voronezh State Medical University Named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation.  
<https://orcid.org/0000-0002-2133-6510>

Samoday Valery G., MD, Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko, Voronezh, Russian Federation.  
<https://orcid.org/0000-0003-1414-0832>

#### Информация о статье

Поступила 21 ноября 2019 г.  
Принята в печать 5 октября 2020 г.  
Доступна на сайте 1 ноября 2020 г.

#### Article history

Arrived: 21 November 2019  
Accepted for publication: 5 October 2020  
Available online: 1 November 2020