



# ГНОЙНЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТАЛЛОИМПЛАНТАТОВ В ХИРУРГИИ ПОЗВОНОЧНИКА: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Д.Н. Долотин, М.В. Михайловский, В.А. Суздалов

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна

В настоящее время использование имплантатов стало неотъемлемой частью в хирургии различных патологий позвоночника. Частота развития инфекций после инструментирования позвоночника варьирует от 0,7 до 20,0 %. Инфекции могут негативно влиять на отдаленные результаты и увеличивать расходы на лечение. Представляем обзор литературы, посвященный диагностике, факторам, влияющим на возникновение и развитие инфекций, и лечению инфекций в области хирургического вмешательства после операций на позвоночнике с использованием металлоимплантатов.

**Ключевые слова:** биопленка, инфекция, имплантат, сколиоз, хирургия позвоночника.

Для цитирования: Долотин Д.Н., Михайловский М.В., Суздалов В.А. Гнойные осложнения в хирургии позвоночника с использованием металлоимплантатов: обзор литературы // Хирургия позвоночника. 2015. Т. 12. № 2. С. 33–39.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.2.33-39>.

PURULENT COMPLICATIONS IN SPINE SURGERY WITH METAL IMPLANTS: LITERATURE REVIEW

D.N. Dolotin, M.V. Mikhailovsky, V.A. Suzdalov

Currently, the use of implants has become an integral part of surgery for various pathologies of the spine. The incidence of infection after spinal instrumentation varies from 0.7 to 20.0 %. The development of this complication may adversely affect the remote results and increase the cost of treatment. The paper presents a review of the literature devoted to surgical site infection after spine surgery with metal implants and related to the factors influencing emergence and progression of the infection, its diagnosis and treatment.

**Key Words:** biofilm, infection, implant, scoliosis, spine surgery.

Please cite this paper as: Dolotin DN, Mikhailovsky MV, Suzdalov VA. Purulent complications in spine surgery with metal implants: Literature review. *Hir. Pozvonoc.* 2015;12(2):33–39. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2015.2.33-39>.

До середины XIX столетия считалось обычным развитие у хирургических пациентов раздражающей лихорадки (irritative fever), сопровождаемой гнойным отделяемым из разреза, прогрессирующим сепсисом и часто смертью. Лишь к концу 1860-х гг., после того как Джозеф Листер внедрил принципы антисептики, послеоперационная инфекционная заболеваемость существенно снизилась. Работа Листера радикально изменила хирургию, превратив ее из деятельности, ассоциирующейся с инфекцией и смертью, в дисциплину, способную устранять страдания и продлевать жизнь.

Инфекционные осложнения крайне негативно сказываются на исходе

хирургической коррекции идиопатического сколиоза. Это осложнение часто приводит к необходимости удаления эндокорректора и, следовательно, к утрате достигнутой коррекции деформации позвоночника. Частота ранней и поздней инфекции в области хирургического вмешательства (ИОХВ) после оперативной коррекции идиопатического сколиоза варьирует от 1,4 до 6,9 % [8, 53, 54].

Представляем обзор литературы, посвященной инфекции инструментированного позвоночника, так как количество источников, посвященных ИОХВ при коррекции идиопатического сколиоза, невелико.

Заболеваемость хирургическими инфекциями после операций

на позвоночнике колеблется от 0,7 до 20,0 % [7, 9–12, 16–19, 29, 34, 39, 47, 50, 56, 57, 60, 62, 71, 84, 88].

Возникновение ИОХВ увеличивает сроки пребывания больного в стационаре и стоимость госпитализации.

Достижения в области инфекционного контроля включают в себя совершенствование вентиляции операционных, методов стерилизации, барьерных мер, хирургической техники, а также доступность антимикробной профилактики. Несмотря на всю эту деятельность, ИОХВ остаются существенной причиной заболеваемости среди госпитализированных пациентов [1].

## Определения

Основополагающим документом, в котором представлены рекомендации Центров по контролю и профилактике заболеваний США, является «Руководство по профилактике инфекций в области хирургического вмешательства» [1, 54]. Критерии ИОХВ рассмотрим ниже.

### Поверхностная ИОХВ

Инфекция возникает не позднее 30 дней после любого спондилодеза и вовлекает только кожу и подкожные ткани в области разреза, у пациента имеется хотя бы одно из перечисленного:

1) гнойное отделяемое из поверхностного разреза, с лабораторным подтверждением или без него;

2) выделение микроорганизмов из жидкости или ткани, полученной асептически из области поверхностного разреза;

3) по крайней мере один из следующих признаков или симптомов инфекции: боль или болезненность, ограниченный отек, гиперемия, местное повышение температуры и намеренное открытие раны хирургом, за исключением тех случаев, когда посев отделяемого из раны дает отрицательные результаты;

4) диагноз поверхностной ИОХВ поставлен хирургом или другим лечащим врачом.

### Глубокая ИОХВ

Инфекция возникает не позднее 90 дней после любого спондилодеза позвоночника и вовлекает глубокие мягкие ткани (например, фасциальный и мышечный слой) в области разреза, у пациента имеется хотя бы одно из перечисленного:

1) гнойное отделяемое из глубины разреза;

2) спонтанное расхождение краев раны или намеренное ее открытие хирургом, когда у пациента имеется по крайней мере один из следующих признаков или симптомов инфекции: лихорадка ( $>38$  °С), локализованная боль или болезненность, за исключе-

нием тех случаев, когда посев из раны дает отрицательные результаты;

3) при непосредственном осмотре, во время повторной операции, при гистопатологическом или рентгенологическом исследовании обнаружен абсцесс или иные признаки инфекции в области глубокого разреза;

4) диагноз глубокой ИОХВ поставлен хирургом или другим лечащим врачом.

### Факторы, влияющие на возникновение и развитие ИОХВ

Согласно Российским национальным рекомендациям [2], факторы риска развития ИОХВ условно могут быть разделены на пять основных категорий (групп): состояние пациента, предоперационные, операционные и послеоперационные факторы, а также факторы окружающей больничной среды.

Состояние пациента включает в себя характер основного заболевания (чем тяжелее клиническое состояние хирургического больного, тем более достоверно развитие инфекции), сопутствующие заболевания или состояния, которые снижают резистентность к инфекции и/или препятствуют процессу заживления хирургической раны (сахарный диабет, множественная травма, ожирение, какексия, заболевания кожи, особенно инфекционной природы, иммуносупрессия, злокачественные опухоли), возраст пациента (новорожденные, пожилые).

Предоперационные факторы – это длительное предоперационное пребывание в больнице. Установлено, что длительное пребывание больного в стационаре перед операцией является важным фактором риска возникновения ИОХВ, причем вызванных нозокомиальной полирезистентной флорой. К другим факторам риска относятся предоперационное бритье, неадекватная антибиотикопрофилактика, неадекватная обработка кожи операционного поля антисептиками.

Операционные факторы включают в себя степень чистоты (загрязнен-

ности) хирургической раны (риск развития ИОХВ при чистых процедурах меньше, чем при условно чистых, контаминированных или грязных операциях), хирургическую технику проведения операции, которая имеет прямое отношение к соблюдению асептики и состоянию раны до конца оперативного вмешательства, длительность операции, которая зависит от многих факторов, в том числе от навыков хирурга, сложности операции, адекватности гемостаза, степени травматизации тканей, состояние операционной раны по окончании хирургического вмешательства (плохая васкуляризация, гематомы, наличие некротизированных или сильно поврежденных тканей или инородных тел), наличие хирургических дренажей, которые способствуют миграции микроорганизмов из кожи, а также являются инородными телами в хирургической ране, избыточное приложение диатермии.

Факторы внутренней среды стационара: теснота и большое количество наблюдателей (студентов) в операционной, назофарингеальное носительство MRSA (метициллинорезистентный *S. aureus*) у членов хирургической бригады, неограниченное передвижение членов хирургической бригады, неадекватная одежда персонала, неадекватная вентиляция воздуха в операционной, открытые ёмкости с растворами, неадекватная стерилизация медицинского инструментария и хирургического материала, дезинфекция оборудования и других элементов операционного зала, несоблюдение правил асептики во время операции.

Послеоперационные факторы – это количество и характер послеоперационных процедур и манипуляций, а также организация и техника перевязок, соблюдение правил асептики во время перевязок хирургической раны, дезинфекция оборудования и других элементов в перевязочной, неадекватная одежда персонала, порядок осуществления перевязок в одном помещении, наличие среди врачей-

хирургов и медицинских сестер носителей штаммов MRSA.

Поскольку основным механизмом передачи возбудителей ИОХВ являются руки медицинского персонала, то ненадлежащая техника мытья рук и неправильное использование перчаток являются ведущими факторами риска.

Epstein [26] считает, что риск развития инфекции увеличивается за счет использования заднего хирургического доступа, применения аллотрансплантатов, длительности операции более 5 часов, переливания крови. Использование интраоперационного оборудования (например, хирургических микроскопов, рентгеноскопии, интраоперационной КТ) также увеличивает риск возникновения ИОХВ. Дополнительное неукоснительное соблюдение надлежащего ухода за послеоперационной раной также имеет важное значение в минимизации риска послеоперационных раневых инфекций.

Использование закрытого всасывающего дренажа, как полагают, снижает риск ИОХВ, так как даже небольшие послеоперационные гематомы могут обеспечить среду для бактериального роста. Хотя использование послеоперационного дренажа позвоночных ран неравномерно уменьшает частоту ранних послеоперационных инфекций. Установлено, что неспособность выведения из раны гематом коррелирует со значительно более высоким риском ИОХВ [12, 13, 42, 48, 61].

Риск развития инфекции может варьировать в зависимости от типа имплантата, в связи с повышенной восприимчивостью к развитию биопленки [5, 74, 83, 86]. Некоторые бактерии могут прилипнуть к поверхности имплантатов с образованием биопленки, которая представляет собой микробные сообщества из характерных клеток, внедренных в матрицу из внеклеточных полимерных веществ, которые они производят [36–38]. В биопленке бактериальные клетки прочно прикреплены к субстрату и/или друг к другу. Таким образом, биопленка может представлять собой

некоторую защиту против антибиотиков, фагоцитов и других клеточных и гуморальных иммунных реакций [20, 22]. Кроме того, бактерии внутри биопленки часто демонстрируют измененный фенотип в отношении скорости роста и транскрипции гена, что может повлиять на диагностику и тактику лечения [22–34, 36, 38, 43].

Время предоперационного введения антибиотиков сильно коррелирует с повышенным риском послеоперационной инфекции. Большинство хирургов считает правильным назначать предоперационные профилактические антибиотики в течение часа до операции, но некоторые утверждают, что введение за 15 мин до разреза может быть даже более эффективным [9, 11].

Vitale et al. [81] разработали 14 рекомендаций для профилактики ИОХВ в хирургии позвоночника у педиатрических пациентов:

- 1) предоперационное мытье кожи хлоргексидином;
- 2) предоперационное бактериологическое исследование мочи;
- 3) предоперационный лист по санитарному просвещению для пациентов;
- 4) предоперационная оценка питания;
- 5) при удалении волос, обрезка предпочтительнее бритья;
- 6) периоперационно внутривенное введение цефазолина;
- 7) периоперационная внутривенная профилактика грамотрицательных бактерий;
- 8) соблюдение послеоперационных противомикробных схем;
- 9) ограниченный доступ в операционную;
- 10) запрет на использование УФ-ламп;
- 11) орошение интраоперационной раны;
- 12) использование ванкомицина, в виде порошка в костном трансплантате и/или в области хирургического вмешательства;
- 13) использование непроницаемого перевязочного материала в послеоперационном периоде;

14) минимизация послеоперационных перевязок до выписки.

## Лечение

Хирургическое лечение послеоперационной инфекции различно. Не существует общего мнения в вопросе о том, что использовать: только промывание и/или хирургическую обработку раны, раневые вакуум-системы, непрерывные промывные системы, противомикробные шарики, следует ли ревизовать инструментарий (например, нестабильность инструментария) или профилактически удалить инструментарий, какой антибиотик в протоколе лечения использовать [6, 35, 49, 55, 70, 76].

С учетом патогенной роли биопленки на поверхности эндокорректоров большинство врачей рекомендуют удаление позвоночного инструментария [3, 4, 68]. Это способствует эрадикации инфекции, так как одновременно удаляются биопленки с микроорганизмами. Тем не менее это решение должно быть взвешено с рисками потери коррекции деформации и стабильности позвоночника.

К ключевым факторам в принятии решения, следует ли удалить позвоночный инструментарий, относятся биопленки. Лабораторные исследования документально подтвердили, что биопленки могут развиваться в течение 5–6 ч после бактериального заражения, а возраст биопленки имеет серьезные клинические последствия, связанные с ее устойчивостью и антимикробной восприимчивостью [23]. Ранние хирургические вмешательства по поводу острых ИОХВ с раневым орошением и/или хирургической обработкой раны способны легко нарушить образование биопленки и облегчить проникновение системных противомикробных препаратов для обеспечения разрешения инфекции, сохраняя при этом инструментарий/стабильность. Эта концепция поддерживается клиническим опытом, который демонстрирует, что соответствующее лечение ранних послеоперационных инфекций приводит

к более высокому уровню разрешения инфекции, сохранению эндофиксатора и лучшим клиническим исходам [4, 27, 35, 58, 66, 72].

В отличие от ранних инфекций, развитие поздней раневой инфекции часто требует удаления или замены инструментария [7, 14, 49, 67, 69, 77, 85].

Но et al. [41] сообщили о высокой вероятности рецидива инфекции (до 50 %) при сохранении позвоночного инструментария. Они обнаружили, что лечение инфицирования при сохраненных позвоночных имплантатах орошением и хирургической обработкой связано с повторными санационными процедурами.

Профилактическое удаление позвоночного инструментария пропагандируется некоторыми авторами, чтобы минимизировать риск развития рецидивов инфекции [19, 59]. Удаление имплантата позволяет более тщательно санировать область хирургического вмешательства и, таким образом, снижает риск рецидива инфекции [18, 40, 49, 59]. Обеспокоенность дестабилизацией позвоночника при поздних инфекциях является менее важной проблемой, чем при ранних послеоперационных инфекциях, так как спондилитоз зачастую уже образовался, есть, по крайней мере, жесткое фиброзное сращение. Не исключено, однако, что рентгенологические данные после удаления позвоночного инструментария могут свидетельствовать о псевдоартрозе или потере коррекции. Как следствие, эти пациенты нуждаются в тщательном наблюдении [21, 40, 59, 64].

Хирургическая обработка и орошение были важными средствами лечения ранних послеоперационных инфекций, возникающих после имплантации позвоночного инструментария [4, 27, 63]. Несколько санаций может потребоваться для успешной эрадикации инфекции. Плохо васкуляризованные хирургические участки или обширные раневые дефекты могут потребовать применения сложных лоскутов для пластики [25, 82]. В дополнение

к хирургической обработке и послеоперационной антибактериальной терапии можно использовать всасывающие и/или ирригационные системы, антимикробные шарики или VAC-устройства (vacuum-assisted closure – вакуум-ассистированные повязки, представляющие собой метод лечения ран локальным отрицательным давлением), которые могут улучшить результаты лечения инфекции после имплантации позвоночного инструментария у отдельных пациентов. VAC-системы обычно сводят на нет необходимость закрытия вторичных ран. Великолепные результаты были получены при использовании этих устройств, что отражается во многих источниках [35, 45, 52, 70, 75, 78, 87].

VAC-системы являются полезным дополнением, которое облегчает заживление ран и ликвидацию сложных послеоперационных бактериальных инфекций позвоночника [14, 15, 44, 46, 51, 55, 77, 79, 80, 89, 90]. Эта относительно новая техника использует контролируемое отрицательное давление для эвакуации раневой жидкости и отека, тем самым увеличивает региональный кровоток, снижает уровень микробной обсемененности раны, содействует формированию грануляционной ткани [6, 79].

Glassman et al. [35] описали успешное лечение инфекции после имплантации позвоночного инструментария путем размещения шариков, пропитанных антибиотиками, и использования методики промывных систем. Продолжительность лечения этой техникой колеблется от 5 дней до 2 недель.

Еще один нерешенный аспект послеоперационных инфекций после позвоночного инструментария относится к продолжительности медикаментозного лечения. Он основывается на оптимальном антимикробном выборе по результатам бакпосевов и чувствительности микроорганизмов к антибиотикам. Несмотря на то что существует общее мнение о необходимости в течение 6–8 недель базисной терапии, отсутствует решение вопроса о необходимости и дли-

тельности оральной терапии антибиотиками [65, 73].

## Заключение

Хирургия позвоночника в последние десятилетия развивается стремительно, что сопровождается как увеличением количества оперативных вмешательств с использованием металлоимплантатов, так и усложнением конструкций последних. Хотя и с некоторым опозданием, отечественные специалисты включились в этот процесс, их активность постоянно возрастает.

Проблема гнойных осложнений в вертебральной хирургии, несмотря на значительные достижения в вопросе их профилактики, существует и актуальна. Увеличение количества оперативных вмешательств с неизбежностью приводит к увеличению абсолютного числа случаев развития ИОХВ. Этому вопросу посвящено довольно много исследований, направленных, в первую очередь, на идентификацию достоверных факторов риска развития осложнения. В нашей стране, насколько можно судить по данным литературы, подобных работ не проводилось. Располагая обширным клиническим материалом, мы хотели бы восполнить этот пробел и предложить вниманию коллег первый в отечественной литературе обзор, посвященный гнойным осложнениям в хирургии позвоночника.

Мы полагаем, что единообразие в диагностике и трактовке симптомов поверхностных и глубоких нагноений, максимально обоснованный учет факторов риска их развития необходимы в повседневной практике любого хирурга-вертебролога.

Данная статья посвящена проблеме в целом, в дальнейшем планируем сконцентрировать внимание на гнойных осложнениях в хирургии сколиоза.

## Литература/References

1. Манграм А.Дж., Хоран Т.К., Пирсон М.Л., Сильвер Л.К., Джарвис В.Р. Профилактика инфекции в области хирургического вмешательства // Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия. 2003. Т. 5. № 1. С. 74–101. [Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, Silver LC, Jarvis WR. Guideline for prevention of surgical site infection. *Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2003;5(1):74–101. In Russian].
2. Хирургические инфекции кожи и мягких тканей. Российские национальные рекомендации / Под ред. В.С. Савельева. М., 2009. С. 53–54. [Surgical Infections of Skin and Soft Tissues. Russian National Guidelines. Ed. by V.S. Saveliev. Moscow, 2009:53–54. In Russian].
3. Abbey DM, Turner DM, Warson JS, Wirt TC, Scalley RD. Treatment of postoperative wound infections following spinal fusion with instrumentation. *J Spinal Disord*. 1995;8:278–283.
4. Ahmed R, Greenlee JD, Traynelis VC. Preservation of spinal instrumentation after development of postoperative bacterial infections in patients undergoing spinal arthrodesis. *J Spinal Disord Tech*. 2012;25:299–302. doi: 10.1097/BSD.0b013e31821fbf72.
5. Arens S, Schlegel U, Printzen G, Ziegler WJ, Perren SM, Hansis M. Influence of materials for fixation implants on local infection. An experimental study of steel versus titanium DCP in rabbits. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78:647–651.
6. Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. *Ann Plast Surg*. 1997;38:563–577. doi: 10.1097/0000637-199706000-00002.
7. Aydinli U, Karaeminogullari O, Tiskaya K. Postoperative deep wound infection in instrumented spinal surgery. *Acta Orthop Belg*. 1999;65:182–187.
8. Bachy M, Bouyer B, Vialle R. Infections after spinal correction and fusion for spinal deformities in childhood and adolescence. *Int Orthop*. 2012;36:465–469. doi: 10.1007/s00264-011-1439-8.
9. Barker FG, 2nd. Efficacy of prophylactic antibiotic therapy in spinal surgery: a meta-analysis. *Neurosurgery*. 2002;51:391–400. doi: 10.1227/01.NEU.0000072304.16102.2F.
10. Beiner JM, Grauer J, Kwon BK, Vaccaro AR. Postoperative wound infections of the spine. *Neurosurg Focus*. 2003;15:E14.
11. Blam OG, Vaccaro AR, Vanichkachorn JS, Albert TJ, Hilibrand AS, Minnich JM, Murphy SA. Risk factors for surgical site infection in the patient with spinal injury. *Spine*. 2003;28:1475–1480.
12. Brown EM, Pople IK, de Louvois J, Hedges A, Bayston R, Eisenstein SM, Lees P. British Society for Antimicrobial Chemotherapy Working Party on Neurosurgical Infections. Spine update: prevention of postoperative infection in patients undergoing spinal surgery. *Spine*. 2004;29:938–945.
13. Brown MD, Brookfield KF. A randomized study of closed wound suction drainage for extensive lumbar spine surgery. *Spine*. 2004;29:1066–1068. doi: 10.1097/00007632-200405150-00003.
14. Canavese F, Gupta S, Krajbich JI, Emara KM. Vacuum-assisted closure for deep infection after spinal instrumentation for scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 2008;90:377–381. doi: 10.1302/0301-620X.90B3.19890.
15. Canavese F, Krajbich JI. Use of vacuum assisted closure in instrumented spinal deformities for children with postoperative deep infections. *Indian J Orthop*. 2010;44:177–183. doi: 10.4103/0019-5413.62067.
16. Capen DA, Calderone RR, Green A. Perioperative risk factors for wound infections after lower back fusions. *Orthop Clin North Am*. 1996;27:83–86.
17. Christodoulou AG, Givissis P, Symeonidis PD, Karataglis D, Pournaras J. Reduction of postoperative spinal infections based on an etiologic protocol. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;444:107–113.
18. Clark CE, Shufflebarger HL. Late-developing infection in instrumented idiopathic scoliosis. *Spine*. 1999;24:1909–1912. doi: 10.1097/00007632-199909150-00008.
19. Collins I, Wilson-MacDonald J, Chami G, Burgoyne W, Vineyakam P, Berendt T, Fairbank J. The diagnosis and management of infection following instrumented spinal fusion. *Eur Spine J*. 2008;17:445–450. doi: 10.1007/s00586-007-0559-8.
20. Costerton JW. Biofilm theory can guide the treatment of device-related orthopaedic infections. *Clin Orthop Relat Res*. 2005;437:7–11. doi: 10.1097/00003086-200508000-00003.
21. Deckey JE, Court C, Bradford DS. Loss of sagittal plane correction after removal of spinal implants. *Spine*. 2000;25:2453–2460. doi: 10.1097/00007632-200010010-00006.
22. Donlan RM. Biofilm formation: a clinically relevant microbiological process. *Clin Infect Dis*. 2001;33:1387–1392. doi: 10.1086/322972
23. Donlan RM, Costerton JW. Biofilms: survival mechanisms of clinically relevant microorganisms. *Clin Microbiol Rev*. 2002;15:167–193. doi: 10.1128/CMR.15.2.167-193.2002.
24. Donlan RM, Forster T, Murga R, Brown E, Lucas C, Carpenter J, Fields B. Legionella pneumophila associated with the protozoan Hartmannella vermiformis in a model multi-species biofilm has reduced susceptibility to disinfectants. *Biofouling*. 2005;21:1–7.
25. Dumanian GA, Ondra SL, Liu J, Schafer MF, Chao JD. Muscle flap salvage of spine wounds with soft tissue defects or infection. *Spine*. 2003;28:1203–1211. doi: 10.1097/01.BRS.0000067260.22943.48.
26. Epstein NE. Do silver-impregnated dressings limit infections after lumbar laminectomy with instrumented fusion? *Surg Neurol*. 2007;68:483–485.
27. Falavigna A, Righesso Neto O, Fonseca GP, Nervo M. [Management of deep wound infections in spinal lumbar fusions]. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64:1001–1004. In Portuguese.
28. Falavigna A, Righesso O, Traynelis VC, Teles AR, da Silva PG. Effect of deep wound infection following lumbar arthrodesis for degenerative disc disease on long-term outcome: a prospective study: clinical article. *J Neurosurg Spine*. 2011;15:399–403. doi: 10.3171/2011.5.SPINE10825.
29. Fang A, Hu SS, Endres N, Bradford DS. Risk factors for infection after spinal surgery. *Spine*. 2005;30:1460–1465.
30. Fletcher M, Loeb GI. Influence of substratum characteristics on the attachment of a marine pseudomonad to solid surfaces. *Appl Environ Microbiol*. 1979;37:67–72.
31. Foglar C, Lindsey RW. C-reactive protein in orthopedics. *Orthopedics*. 1998;21:687–691.
32. Friedman ND, Sexton DJ, Connelly SM, Kaye KS. Risk factors for surgical site infection complicating laminectomy. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2007;28:1060–1065.
33. Gaine WJ, Andrew SM, Chadwick P, Cooke E, Williamson JB. Late operative site pain with isolated posterior instrumentation requiring implant removal: infection or metal reaction? *Spine*. 2001;26:583–587. doi: 10.1097/00007632-200103010-00027.
34. Gaynes RP, Culver DH, Horan TC, Edwards JR, Richards C, Tolson JS. Surgical site infection (SSI) rates in the United States, 1992–1998: the National Nosocomial Infections Surveillance System basic SSI risk index. *Clin Infect Dis*. 2001;33(Suppl 2):S69–77.
35. Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR. Salvage of instrumental lumbar fusions complicated by surgical wound infection. *Spine*. 1996;21:2163–2169. doi: 10.1097/00007632-199609150-00021.
36. Gristina AG. Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. *Science*. 1987;237:1588–1595. doi: 10.1126/science.3629258.
37. Gristina AG, Costerton JW. Bacterial adherence to biomaterials and tissue. The significance of its role in clinical sepsis. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67:264–273.

38. **Gristina AG, Jennings RA, Naylor PT, Myrvik QN, Webb LX.** Comparative in vitro antibiotic resistance of surface-colonizing coagulase-negative staphylococci. *Antimicrob Agents Chemother.* 1989;33:813–816. doi: 10.1128/AAC.33.6.813.
39. **Hahn F, Zbinden R, Min K.** Late implant infections caused by *Propionibacterium acnes* in scoliosis surgery. *Eur Spine J.* 2005;14:783–788. doi: 10.1007/s00586-004-0854-6.
40. **Hedequist D, Haugen A, Hresko T, Emans J.** Failure of attempted implant retention in spinal deformity delayed surgical site infections. *Spine.* 2009;34:60–64. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818ed75e.
41. **Ho C, Skaggs DL, Weiss JM, Tolo VT.** Management of infection after instrumented posterior spine fusion in pediatric scoliosis. *Spine.* 2007;32:2739–2744. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815a5a86.
42. **Ho C, Sucato DJ, Richards BS.** Risk factors for the development of delayed infections following posterior spinal fusion and instrumentation in adolescent idiopathic scoliosis patients. *Spine.* 2007;32:2272–2277. doi: 10.1097/BRS.0b013e31814b1c0b.
43. **Hoiby N, Bjarnsholt T, Givskov M, Molin S, Ciofu O.** Antibiotic resistance of bacterial biofilms. *Int J Antimicrob Agents.* 2010;35:322–332. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2009.12.011
44. **Horn PL, Ruth B, Kean JR.** Use of wound V.A.C. therapy in pediatric patients with infected spinal wounds: a retrospective review. *Orthop Nurs.* 2007;26:317–322. doi: 10.1097/01.NOR.0000295960.94450.69.
45. **Ido K, Shimizu K, Nakayama Y, Shikata J, Matsushita M, Nakamura T.** Suction/irrigation for deep wound infection after spinal instrumentation: a case study. *Eur Spine J.* 1996;5:345–349. doi: 10.1007/BF00304351.
46. **Jones GA, Butler J, Lieberman I, Schlenk R.** Negative-pressure wound therapy in the treatment of complex postoperative spinal wound infections: complications and lessons learned using vacuum-assisted closure. *J Neurosurg Spine.* 2007;6:407–411. doi: 10.3171/spi.2007.6.5.407.
47. **Kanafani ZA, Dakdouki GK, El-Dbouni O, Bawwab T, Kanj SS.** Surgical site infections following spinal surgery at a tertiary care center in Lebanon: incidence, microbiology, and risk factors. *Scand J Infect Dis.* 2006;38:589–592.
48. **Kanayama M, Oha F, Togawa D, Shigenobu K, Hashimoto T.** Is closed-suction drainage necessary for single-level lumbar decompression? Review of 560 cases. *Clin Orthop Relat Res.* 2010;468:2690–2694. doi: 10.1007/s11999-010-1235-6
49. **Kowalski TJ, Barbari EF, Huddleston PM, Steckelberg JM, Mandrekar JN, Osmon DR.** The management and outcome of spinal implant infections: contemporary retrospective cohort study. *Clin Infect Dis.* 2007;44:913–920. doi: 10.1086/512194.
50. **Labbe AC, Demers AM, Rodrigues R, Arlet V, Tanguay K, Moore DL.** Surgical-site infection following spinal fusion: a case-control study in a children's hospital. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2003;24:591–595.
51. **Labler L, Keel M, Trentz O, Heinzelmann M.** Wound conditioning by vacuum assisted closure (V.A.C.) in postoperative infections after dorsal spine surgery. *Eur Spine J.* 2006;15:1388–1396. doi: 10.1007/s00586-006-0164-2.
52. **Levi AD, Dickman CA, Sonntag VK.** Management of postoperative infections after spinal instrumentation. *J Neurosurg.* 1997;86:975–980.
53. **Mackenzie WG, Matsumoto H, Williams BA, Corona J, Lee C, Cody SR, Covington L, Saiman I, Flynn JM, Skaggs DL, Roye DP Jr, Vitale MG.** Surgical site infection following spinal instrumentation for scoliosis: a multicenter analysis of rates, risk factors, and pathogens. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:800–806. doi: 10.2106/JBJS.L.00010.
54. **Marks MC, Newton PO, Bastrom TP, Betz PP, Sponseller PD, Lonner B, Shah SA, Samdani A, Petcharaporn M, Shufflebarger H, Asghar J.** Harms Study Group. Surgical site infection in adolescent idiopathic scoliosis surgery. *Spine Deform.* 2013;1:352–358. doi: 10.1016/j.jsp.2013.07.004.
55. **Mehbod AA, Ogilvie JW, Pinto MR, Schwender JD, Transfeldt EE, Wood KB, Le Huerc JC, Dressel T.** Postoperative deep wound infections in adults after spinal fusion: management with vacuum-assisted wound closure. *J Spinal Disord Tech.* 2005;18:14–17. doi: 10.1097/01.bsd.0000133493.32503.d3.
56. **Milstone AM, Maragakis LL, Townsend T, Speck K, Sponseller P, Song X, Perl TM.** Timing of preoperative antibiotic prophylaxis: a modifiable risk factor for deep surgical site infections after pediatric spinal fusion. *Pediatr Infect Dis J.* 2008;27:704–708. doi: 10.1097/INF.0b013e31816fca72.
57. **Mirovsky Y, Floman Y, Smorgick Y, Ashkenazi E, Anekstein Y, Millgram MA, Giladi M.** Management of deep wound infection after posterior lumbar interbody fusion with cages. *J Spinal Disord Tech.* 2007;20:127–131. <http://dx.doi.org/10.4184/jkss.2010.17.4.184>.
58. **Mok JM, Guillaume TJ, Talu U, Berven SH, Deviren V, Kroeber M, Bradford DS, Hu SS.** Clinical outcome of deep wound infection after instrumented posterior spinal fusion: A matched cohort analysis. *Spine.* 2009;34:578–583. doi: 10.1097/BRS.0b013e31819a827c.
59. **Muschik M, Luck W, Schlenzka D.** Implant removal for late-developing infection after instrumented posterior spinal fusion for scoliosis: reinstrumentation reduces loss of correction. A retrospective analysis of 45 cases. *Eur Spine J.* 2004;13:645–651. doi: 10.1007/s00586-004-0694-4.
60. **O'Toole JE, Eichholz KM, Fessler RG.** Surgical site infection rates after minimally invasive spinal surgery. *J Neurosurg Spine.* 2009;11:471–476. doi: 10.3171/2009.5.SPINE08633.
61. **Payne DH, Fischgrund JS, Herkowitz HN, Barry RL, Kurz LT, Montgomery DM.** Efficacy of closed wound suction drainage after single-level lumbar laminectomy. *J Spinal Disord.* 1996;9:401–403. doi: 10.1097/00002517-199610000-00006.
62. **Perry JW, Montgomerie JZ, Swank S, Gilmore DS, Maeder K.** Wound infections following spinal fusion with posterior segmental spinal instrumentation. *Clin Infect Dis.* 1997;24:558–561.
63. **Picada R, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Pinto MR, Smith MD, Perra JH.** Postoperative deep wound infection in adults after posterior lumbosacral spine fusion with instrumentation: incidence and management. *J Spinal Disord.* 2000;13:42–45. doi: 10.1097/00002517-200002000-00009.
64. **Potter BK, Kirk KL, Shah SA, Kuklo TR.** Loss of coronal correction following instrumentation removal in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine.* 2006;31:67–72.
65. **Quinones-Hinojosa A, Jun P, Jacobs R, Rosenberg WS, Weinstein PR.** General principles in the medical and surgical management of spinal infections: a multidisciplinary approach. *Neurosurg Focus.* 2004;17:E1.
66. **Rayes M, Colen CB, Bahgat DA, Higashida T, Guthikonda M, Rengachary S, Eltahawy HA.** Safety of instrumentation in patients with spinal infection. *J Neurosurg Spine.* 2010;12:647–659. doi: 10.3171/2009.12.SPINE09428.
67. **Richards BR, Emarra KM.** Delayed infections after posterior TSRH spinal instrumentation for idiopathic scoliosis: revisited. *Spine.* 2001;26:1990–1996.
68. **Richards BS.** Delayed infections following posterior spinal instrumentation for the treatment of idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77:524–529.
69. **Robertson PA, Taylor TK.** Late presentation of infection as a complication of Dwyer anterior spinal instrumentation. *J Spinal Disord.* 1993;6:256–259. doi: 10.1097/00002517-199306030-00013.
70. **Rohmiller MT, Akbarnia BA, Raiszadeh K, Raiszadeh K, Canale S.** Closed suction irrigation for the treatment of postoperative wound infections following posterior spinal fusion and instrumentation. *Spine.* 2010;35:642–646. doi: 10.1097/BRS.0b013e31818b616b.
71. **Sasso RC, Garrido BJ.** Postoperative spinal wound infections. *J Am Acad Orthop Surg.* 2008;16:330–337.
72. **Sheehan E, McKenna J, Mulhall KJ, Marks P, McCormack D.** Adhesion of *Staphylococcus* to

- orthopaedic metals, an in vivo study. *J Orthop Res.* 2004;22:39–43.
73. **Sierra-Hoffman M, Jinadatha C, Carpenter JL, Rahm M.** Postoperative instrumented spine infections: a retrospective review. *South Med J.* 2010;103:25–30. doi: 10.1097/SMJ.0b013e3181c4e00b.
  74. **Soultanis KC, Pyrovolou N, Zahos KA, Karaliotas GI, Lenti A, Liveris I, Babis GC, Soucacos PN.** Late postoperative infection following spinal instrumentation: stainless steel versus titanium implants. *J Surg Orthop Adv.* 2008;17:193–199.
  75. **Thalgott JS, Cotler HB, Sasso RC, LaRocca H, Gardner V.** Postoperative infections in spinal implants. Classification and analysis – a multicenter study. *Spine.* 1991;16:981–984.
  76. **Tibbs PA.** Closed irrigation-suction technic in lumbar laminectomy infections. *Neurosurgery.* 1980;6:120. doi: 10.1097/00006123-198001000-00020.
  77. **van Rhee MA, de Klerk LW, Verhaar JA.** Vacuum-assisted wound closure of deep infections after instrumented spinal fusion in six children with neuromuscular scoliosis. *Spine J.* 2007;7:596–600. doi: 10.1016/j.spinee.2006.09.002
  78. **Vender JR, Hester S, Houle PJ, Choudhri HF, Rekito A, McDonnell DE.** The use of closed-suction irrigation systems to manage spinal infections. *J Neurosurg Spine.* 2005;3:276–282. doi: 10.3171/spi.2005.3.4.0276.
  79. **Venturi ML, Attinger CE, Mesbahi AN, Hess CL, Graw KS.** Mechanisms and clinical applications of the vacuum-assisted closure (VAC) Device: a review. *Am J Clin Dermatol.* 2005;6:185–194. doi: 10.2165/00128071-200506030-00005.
  80. **Vicario C, de Juan J, Esclarin A, Alcobendas M.** Treatment of deep wound infections after spinal fusion with a vacuum-assisted device in patients with spinal cord injury. *Acta Orthop Belg.* 2007;73:102–106.
  81. **Vitale MG, Reidel MD, Glotzbecker MP, Matsu-moto H, Roye DP, Akbarnia BA, Anderson RC, Brockmeyer DL, Emans JB, Erickson M, Flynn JM, Lenke IG, Lewis SJ, Luhmann SJ, McLeod LM, Newton PO, Nyquist AC, Richards BS 3rd, Shah SA, Skaggs DL, Smith JT, Sponseller PD, Sucato DJ, Zeller RD, Saiman L.** Building consensus: development of a Best Practice Guideline (BPG) for surgical site infection (SSI) prevention in high risk pediatric spine surgery. *J Pediatr Orthop.* 2013;33:471–478. doi: 10.1097/BPO.0b013e3182840de2.
  82. **Vitaz TW, Oishi M, Welch WC, Gerszten PC, Disa JJ, Bilsky MH.** Rotational and transpositional flaps for the treatment of spinal wound dehiscence and infections in patient populations with degenerative and oncological disease. *J Neurosurg.* 2004;100(1 Suppl Spine):46–51.
  83. **Webster TJ, Patel AA, Rahaman MN, Sonny Bal B.** Anti-infective and osteointegration properties of silicon nitride, poly(ether ether ketone), and titanium implants. *Acta Biomater.* 2012;8:4447–4454. doi: 10.1016/j.actbio.2012.07.038.
  84. **Weinstein MA, McCabe JP, Cammisia FP Jr.** Postoperative spinal wound infection: a review of 2,391 consecutive index procedures. *J Spinal Disord.* 2000;13:422–426. doi: 10.1097/00002517-200010000-00009.
  85. **Widmer AF.** New developments in diagnosis and treatment of infection in orthopedic implants. *Clin Infect Dis.* 2001;33(Suppl 2):S94–106. doi: 10.1086/321863.
  86. **Williams DL, Woodbury KL, Haymond BS, Parker AE, Bloebaum RD.** A modified CDC biofilm reactor to produce mature biofilms on the surface of peek membranes for an in vivo animal model application. *Curr Microbiol.* 2011;62:1657–1663. doi: 10.1007/s00284-011-9908-2.
  87. **Wimmer C, Gluch H.** Management of postoperative wound infection in posterior spinal fusion with instrumentation. *J Spinal Disord.* 1996;9:505–508. doi: 10.1097/00002517-199612000-00008.
  88. **Wimmer C, Gluch H, Franzreb M, Ogon M.** Pre-disposing factors for infection in spine surgery: a survey of 850 spinal procedures. *J Spinal Disord.* 1998;11:124–128. doi: 10.1097/00002517-199804000-00006.
  89. **Yuan-Innes MJ, Temple CL, Lacey MS.** Vacuum-assisted wound closure: a new approach to spinal wounds with exposed hardware. *Spine.* 2001;26:E30–33.
  90. **Zehnder SW, Place HM.** Vacuum-assisted wound closure in postoperative spinal wound infection. *Orthopedics.* 2007;30:267–272.

**Адрес для переписки:**

Долотин Денис Николаевич  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,  
Новосибирский НИИТО,  
d.dolotin@mail.ru

**Address correspondence to:**

Dolotin Denis Nikolayevich  
NIITO, Frunze str., 17,  
Novosibirsk, 630091, Russia,  
d.dolotin@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.09.2014

Денис Николаевич Долотин, травматолог-ортопед; Михаил Витальевич Михайловский, д-р мед. наук, проф.; Василий Александрович Суздалов, канд. мед. наук, Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна.

Denis Nikolayevich Dolotin, MD; Mikhail Vitalyevich Mikhailovsky, MD, DMSc, Prof.; Vasily Aleksandrovich Suzdalov, MD, PhD, Novosibirsk Research Institute of Traumatology and Orthopaedics n.a. Ya.L. Tsivyan, Russia.