

А.Н. ТКАЧЕНКО<sup>1</sup>, Л.Б. ГАЙКОВАЯ<sup>1</sup>, ЭХСАН-УЛЬ-ХАК<sup>1</sup>,  
А.А. КОРНЕЕНКОВ<sup>2</sup>, И.И. КУШНИРЧУК<sup>2</sup>,  
Д.Ш. МАНСУРОВ<sup>1</sup>, А.И. ЕРМАКОВ<sup>1</sup>



## ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗА МЕСТНЫХ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ МЕТАЛЛООСТЕОСИНТЕЗЕ ДЛИННЫХ КОСТЕЙ КОНЕЧНОСТЕЙ

Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова<sup>1</sup>,  
Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова<sup>2</sup>, Санкт-Петербург,  
Российская Федерация

**Цель.** Улучшить результаты металлоостеосинтеза длинных трубчатых костей на основании разработки и применения математической модели прогноза и профилактики инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ).

**Материал и методы.** В работе проведен ретроспективный анализ данных 179 пациентов, перенесших остеосинтез длинных костей конечностей в связи с диафизарными переломами. Сравнивались данные о пациентах, перенесших металлоостеосинтез без ИОХВ (1-ая группа – 144 наблюдения), с данными оперированных, у которых в течение одного года после операции отмечена ИОХВ (2-ая группа – 35 случаев). В проспективное исследование включены 117 случаев диафизарных переломов длинных трубчатых костей.

**Результаты.** Выявлены и оценены в количественном эквиваленте 18 прогностических критериев развития ИОХВ (пол, возраст, сведения о сопутствующей патологии, виде и локализации перелома, типе применяемой металлоконструкции, данные о трафике в операционной и др.). Разработан способ прогноза ИОХВ, позволяющий на основании суммарного индекса прогноза выделить среди пострадавших с переломами длинных трубчатых костей группу риска, в которой проводились индивидуальные профилактические мероприятия. При исследовании иммунологических параметров в качестве прогностического критерия развития ИОХВ целесообразно рассматривать Т/НК-клетки, дооперационные показатели которых у пациентов с развитием инфекционных осложнений превышали таковые в группе с неосложненным течением послеоперационного периода и составили  $2,213 \times 10^9$ /литр и  $1,397 \times 10^9$ /литр соответственно ( $p < 0,01$ ). Апробация разработанного способа прогноза ИОХВ и применения индивидуальных профилактических мероприятий в группе риска осуществлена при проспективном исследовании (117 случаев) со сроком наблюдения в течение 12 месяцев после операции.

**Заключение.** Разработанный способ прогноза ИОХВ и применение индивидуальных профилактических мероприятий позволяют значительно снизить частоту развития ИОХВ по сравнению с группой ретроспективных исследований.

**Ключевые слова:** длинные трубчатые кости, диафизарный перелом, металлоостеосинтез, инфекция области хирургического вмешательства, прогноз, факторы риска

**Objective.** To improve the results of osteosynthesis of long tubular bones on the basis of working out and application of the mathematical forecast model to prevent the surgical site infection (SSI).

**Methods.** A retrospective analysis of data of 179 patients who underwent osteosynthesis of long tubular bones after the diaphyseal fractures was performed. The data were compared on patients who underwent osteosynthesis without SSI (the 1st group – 144 observations) with the data of the operated ones, where SSI was observed (the 2nd group – 35 cases). A prospective analysis included 117 cases of diaphyseal fractures of long tubular bones.

**Results.** 18 prognostic criteria for the development of SSI have been identified and evaluated in quantitative terms (gender, age, information about comorbidities, the type and location of a fracture, the type of metal construction, the operation theatre list, etc.). The developed method of SSI prognosis made it possible, on the basis of the total prognosis index, to single out among the patients with fractures of long tubular bones the risk group in respect of whom individual preventive measures were taken. In the study of immunological parameters, it is advisable to consider T/NK cells as a prognostic criterion for the development of SSI, the preoperative indicators of which in patients with SSI exceeded those in the group without SSI and amounted to  $2.213 \times 10^9/l$  and  $1.397 \times 10^9/l$ , respectively ( $p < 0.01$ ).

**Conclusions.** The developed method of SSI prediction and the use of individual preventive measures can significantly reduce the incidence of SSI compared with the group of retrospective studies.

**Keywords:** long tubular bones, diaphyseal fracture, osteosynthesis, surgical site infection, prognosis, risk factors



### Научная новизна статьи

Впервые были определены прогностически значимые критерии для оценки риска развития инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ) при металлоостеосинтезе длинных трубчатых костей, и оценены их количественные эквиваленты. На основании прогностических критериев впервые создана программа прогноза развития инфекционных осложнений в зоне операции при остеосинтезе длинных костей конечностей.

### What this paper adds

For the first time, prognostically significant criteria have been established for assessing the risk of developing of surgical site infection (SSI) during osteosynthesis of long tubular bones, and their quantitative equivalents have been evaluated. On the basis of prognostic criteria, for the first time the program has been worked out to predict the development of infectious complications in SSI during osteosynthesis of the long bones of the limbs.

### Введение

В структуре травматизма переломы длинных трубчатых костей (ДТК) составляют 16,7-49,8%, при этом тенденция к снижению их частоты в последние десятилетия не прослеживается [1, 2]. Высоким в настоящее время остается и уровень местных инфекционных осложнений в раннем послеоперационном периоде при металлоостеосинтезе (МОС) длинных костей конечностей, составляя 2-12% в среднем и достигая 55,9% при открытых переломах костей голени [3, 4]. Что касается глубокой инфекции области хирургического вмешательства (ИОХВ), то она диагностируется в 1,3-4,0% случаев, при этом частота ее достигает 22,6% у пострадавших со сложными открытыми переломами большеберцовой кости [5, 6].

Вопросы прогнозирования ИОХВ после металлоостеосинтеза переломов длинных костей в последние годы активно обсуждаются в литературе [7, 8, 9, 10]. Однако, единой точки зрения у исследователей по видам и весомости факторов риска нет, а сведения о возможностях такого прогноза противоречивы. В связи с этим изучение вопросов, связанных с разработкой способов прогнозирования ИОХВ после остеосинтеза длинных костей конечностей, может считаться актуальной темой научных медицинских изысканий.

**Цель.** Улучшить результаты металлоостеосинтеза длинных трубчатых костей на основании разработки и применения математической модели прогноза и профилактики инфекции области хирургического вмешательства.

### Материал и методы

Проведено нерандомизированное когортное одноцентровое ретроспективно-проспективное исследование. В клинике травматологии и ортопедии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова металлоостеосинтез при ДТК в 2011-2016 гг. осуществлен 347 пациентам. Критериями включения были следующие: диагноз «перелом длинных трубчатых костей»

(2011-2016 гг.); место (клиника). Критерии исключения: утрата связи с пациентом менее, чем через 12 месяцев после операции; смерть пациента в сроки менее 1 года после металлоостеосинтеза.

В целях выявления критериев прогноза ИОХВ были изучены сведения о ряде параметров (более 80), отражающих общее состояние пострадавшего, данные его объективного, лабораторного и инструментального обследования. К ним относились данные об общем и местном статусах пациента (половая принадлежность, возраст, сопутствующая патология, индекс массы тела и др.), данные о хирургическом вмешательстве (длительность операции, объем интраоперационной кровопотери, вид вмешательства и др.). Отдельно был проанализирован ряд показателей лабораторных и инструментальных исследований.

Результаты в течение 12 месяцев после операции изучены у 179 человек, перенесших МОС в 2011-2014 гг. (ретроспективный анализ), и 117 пациентов, перенесших МОС в 2015-2016 гг. (проспективная группа). В 47 (13,5%) случаях связь с пациентами была утрачена. Еще 4 (1,2%) пациента умерли в течение года после операции. Данные об этих клинических наблюдениях были исключены из дальнейшего исследования. У 40 пациентов из группы проспективного исследования изучен ряд фоновых гематологических параметров. По возрасту, половой принадлежности, локализации перелома и виду металлоостеосинтеза пациенты ретроспективной и проспективной групп были сопоставимы (таблица 1).

В ретроспективной группе предоперационная подготовка и профилактика ИОХВ проводились по стандартной методике. Пациентам проспективной группы предоперационная подготовка осуществлялась с учетом прогноза и с помощью разработанных алгоритмов. Клиническая апробация прогноза развития ИОХВ после металлоостеосинтеза длинных костей конечностей проведена у 117 пациентов из группы проспективного исследования.

Гематологические параметры определялись методом проточной цитометрии с использова-

Группы пациентов, данные о которых анализировались при проведении исследования	Число наблюдений в группах исследования (%)	
	Ретроспективной (n=179)	Проспективной (n=117)
Параметры сравнения		
Средний возраст (M±σ)	56,8 ± 18,2	54,2 ± 14,4
Половая принадлежность		
мужчины	74 (41,3%)	48 (41,0%)
женщины	105 (58,7%)	69 (59,0%)
Локализация перелома		
плечо	57 (39,6%)	43 (36,7%)
предплечье	28 (19,4%)	16 (13,7%)
бедро	24 (16,7%)	20 (17,1%)
голень	35 (24,3%)	38 (32,5%)
Вид МОС		
накостный	90 (50,3%)	55 (47,1%)
интрамедуллярный	52 (29,1%)	39 (33,3%)
внеочаговый	32 (17,8%)	21 (17,9%)
другие	5 (2,8%)	2 (1,7%)
ИОХВ в течение 12 мес.		
поверхностная	35 (19,6%)	11 (9,4%)
глубокая	25 (14,0%)	8 (6,8%)
	10 (5,6%)	3 (2,6%)

нием панели реагентов “CytoDiff”® (Beckman-Coulter, США) с целью выявления лабораторных маркеров для прогноза местных инфекционных осложнений на проточном цитофлуориметре Cytomics FC500 (Beckman Coulter, США). Тест, основанный на способности специфических моноклональных антител связываться с антигенными детерминантами, позволяет обнаружить циркулирующие лейкоциты, среди которых в дальнейшем определяют 14 гематологических параметров (общее количество лейкоцитов, В-лимфоциты, Т-лимфоциты/НК общие (активированные и неактивированные Т-НК-клетки), лимфоциты общие, моноциты общие (провоспалительные и невоспалительные моноциты), нейтрофилы общие, зрелые нейтрофилы, незрелые гранулоциты, эозинофилы, базофилы). Результат представляется в виде процентного содержания положительно окрашенных клеток. Использование значения общего количества лейкоцитов (WBC), полученного с помощью автоматического гематологического анализатора, позволяет получить значения абсолютного содержания тех или иных популяций клеток в пробе.

### Статистика

В модели прогноза ИОХВ использовались факторы, имеющие статистически значимую ( $p < 0,05$ ) ассоциацию с исходом, а также факторы, чья ассоциация с исходом была статистически подтверждена по данным литературы.

Среди пациентов ретроспективной группы выделены две подгруппы: I – случаи, в которых

в течение одного года после операции не было ИОХВ (144 человека), и II – клинические наблюдения с поверхностной и глубокой инфекцией в зоне операции (35 пациентов).

Сравнение сведений об этих двух подгруппах ретроспективного исследования было осуществлено с применением метода последовательного анализа (the method of sequential analysis) A. Wald (1945) в модификации Е.В. Гублера и А.А. Генкина (1973) [11, 12]. При этом определялись как факторы риска развития ИОХВ, так и их количественный эквивалент. На базе этих рейтинговых значений риска развития ИОХВ, выявленных ретроспективно, была создана модель прогноза течения послеоперационного периода у пациентов после МОС, выполненного в связи с переломом длинных трубчатых костей.

Для принятия решения полученный суммарный индекс прогноза сравнивался с пороговыми значениями, рассчитанными по формуле:

$$\text{порог A} = 10 \times \ln((1-\alpha)/\beta), \quad (1)$$

$$\text{порог B} = 10 \times \ln(\alpha/(1-\beta)), \quad (2)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – ошибки первого и второго рода [12]. Под ошибкой первого рода  $\alpha$  понимался ложный прогноз благоприятного течения послеоперационного периода, без развития местных гнойных осложнений, когда в действительности у больного развивается ИОХВ. Ошибкой второго рода  $\beta$  называлось ошибочное установление неблагоприятного течения послеоперационного периода, без развития местных гнойных ослож-

нений, когда в действительности у больного не развивается ИОХВ. Значения  $\alpha$  и  $\beta$  были приняты равными 0,2 (20%).

В целях оценки диагностической эффективности модели (по данным ретроспективной группы) были определены чувствительность (Se) и специфичность (Sp), а также оценены положительная и отрицательная прогностическая ценность теста с помощью программы Medcalc.org/calc/diagnostic\_test.php.

Для расчета гематологических показателей основные статистические параметры определялись в программе Openepi.com. (среднее арифметическое ( $\bar{X}$ ), среднее квадратическое отклонение ( $\delta$ ), стандартная ошибка среднего арифметического ( $m$ ), доверительный интервал истинного среднего ( $I_x$ ) в анализируемых параметрах при заданной вероятности 95%, когда  $p=0,05$ , и другие). Достоверность различий в показателях исследуемых групп оценивали по доверительной вероятности ( $p$ ) и  $t$ -критерию Стьюдента. Достоверными считали параметры при величине  $p<0,05$ .

## Результаты

В итоге, для программы были отобраны 18 прогностических критериев, среди которых 13 определялись в предоперационном периоде, 4 – во время вмешательства и один – в раннем послеоперационном периоде. В качестве примера приводим данные о распределении пациентов с учетом локализации перелома как одного из факторов риска развития ИОХВ (таблица 2).

Среди пациентов с неосложненным течением послеоперационного периода случаев с переломами плечевой кости было 57 (39,6%), а среди наблюдений с ИОХВ пострадавших с переломами плечевой кости было 6 (17,1%), т.е. в 2,3 раза меньше. Противоположная ситуация констатируется при переломе костей голени. Среди пострадавших с благоприятным послеоперационным периодом таких наблюдений было 35 (24,3%), а среди пациентов с гнойно-воспалительными осложнениями – 14 (40%).

Следовательно, локализация перелома учитывалась при разработке математической модели прогноза ИОХВ. Таким же способом были отобраны остальные 17 критериев прогноза развития местных инфекционных осложнений.

Когда список прогностических факторов был сформирован, осуществлялось вычисление индекса соотношения и коэффициента прогноза. Индекс соотношения представлял собой частное между частотой встречаемости признака в группе пациентов с благоприятным течением послеоперационного периода и частотой встречаемости его же среди больных с ИОХВ. Коэффициент прогноза представлял собой натуральный логарифм ( $\ln$ ) индекса соотношения, увеличенный для удобства подсчетов в 10 раз. В результате коэффициент прогноза при переломе плечевой кости составил «+8,5», при переломах костей предплечья – «-0,5», бедренной кости – «-3,0», костей голени – «-5,1». Это позволило сделать вывод о степени повышения риска развития ИОХВ при локализации перелома в нижней конечности.

В дальнейшем все коэффициенты прогноза, известные на момент обследования, суммировались. Полученный результат представлял собой суммарный индекс прогноза (ИП). Этот параметр определялся на разных этапах обследования и лечения больного. До операции – по 13 пунктам, с учетом интраоперационных данных – по 17 пунктам, в раннем послеоперационном периоде – с учетом всех 18 пунктов.

Таким образом, если суммарный ИП находился на уровне порогового значения «+14» и более, то с вероятностью более 80% прогнозировалось благоприятное течение послеоперационного периода, без развития местных гнойных осложнений. При значении суммарного ИП менее «-14» с такой же вероятностью можно ожидать развития ИОХВ. Если суммарный ИП находился в интервале от «-14» до «+14», прогноз считался неопределенным. Полный список прогностических критериев с расчетом коэффициентов прогноза развития местных гнойных осложнений представлен в таблице 3.

Таблица 2

**Распределение пациентов с переломами длинных трубчатых костей с учетом локализации перелома**

Локализация перелома	Число наблюдений при течении послеоперационного периода		с ИОХВ (n = 35)		p-level
	без осложнений (n = 144)				
	абс.	%	абс.	%	
Плечо	57	39,6	6	17,1	0,006
Предплечье	28	19,4	7	20,0	0,47
Бедро	24	16,7	8	22,9	0,196
Голень	35	24,3	14	40,0	0,031
<b>ВСЕГО</b>	<b>144</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	

**Структура весовых коэффициентов критериев прогноза развития ИОХВ  
до операции у пациентов с переломами ДТК**

Прогностический критерий	Частота наблюдений (%)		Индекс соотношения	Коэффициент прогноза
	Без осложнений	ИОХВ		
<b>До операции</b>				
1. Пол:				
мужской	39	51	0,765	2,2
женский	61	49	1,245	-2,2
2. Возраст, лет:				
18 – 29	9	6	1,500	4,1
30 – 44	14	14	1,000	0
45 – 59	26	23	1,130	1,2
60 – 74	35	34	1,029	0,3
75 – 89	16	23	0,696	-3,6
<b>Сопутствующая патология:</b>				
3. сердечно-сосудистой системы				
ИБС, ГБ есть	40	69	0,580	-5,4
ИБС, ГБ нет	60	31	1,935	6,6
4. пищеварительной системы				
есть	19	29	0,655	-4,2
нет	81	71	1,141	1,3
5. эндокринной системы				
сахарный диабет есть	13	20	0,650	-4,3
сахарного диабета нет	87	80	1,088	0,8
6. выделительной системы				
хронический пиелонефрит есть	4	11	0,364	-10,1
хронического пиелонефрита нет	96	89	1,079	0,8
7. Остеопороз				
есть	21	37	0,568	-5,7
нет	79	63	1,206	1,9
8. Вид перелома				
открытый	6	14	0,429	-8,4
закрытый	94	86	1,093	0,9
9. Локализация перелома				
плечо	40	17	2,353	8,5
предплечье	19	20	0,950	-0,5
бедро	17	23	0,739	-3,0
голень	24	40	0,600	-5,1
10. Тип перелома				
поперечный	33,5	23	1,453	3,7
винтообразный	24,5	20	1,225	2,0
многооскольчатый	38	51	0,745	-2,9
вколоченный	4	6	0,667	-4,0
11. Время проведения операции:				
зима	45	34	1,324	2,8
весна	20	37	0,541	-6,1
лето	12	14,5	0,828	-1,9
осень	23	14,5	1,586	4,6
12. Дооперационный койко-день				
1	40	23	1,739	5,5
2 – 3	30	37	0,811	-2,1
4 – 15	12	17	0,706	-3,5
16 и более	18	23	0,783	-2,4
13. Риск анестезии, ASA				
2	56	34	1,647	5,0
3	44	66	0,667	-4,0
<b>Операция</b>				
14. Вид металлоостеосинтеза				
накостный	51	49	1,041	0,4
интрамедуллярный	28	34	0,824	-1,9
внеочаговый	19	14	1,357	3,1
другие	3	3	1,000	0

Продолжение таблицы 3

Прогностический критерий	Частота наблюдений (%)		Индекс соотношения	Коэффициент прогноза
	Без осложнений	ИОХВ		
15. Очередность в операционной				
I	8	6	1,333	2,9
II	54	46	1,174	1,6
III	31	34	0,912	-0,0
нерабочее время	7	14	0,500	-6,9
16. Длительность операции				
до 1 ч.	16	11	1,455	3,8
от 1 до 2 ч.	59	49	1,204	1,9
свыше 2 ч.	25	40	0,625	-4,7
17. Интраоперационная кровопотеря				
до 0,5 л	83	63	1,317	2,8
от 0,5 до 1 л	12	26	0,462	-7,7
более 1, л	5	11	0,455	-7,9
Послеоперационный период				
18. Послеоперационный режим				
постельный (I)	25	49	0,510	-6,7
передвигается самостоятельно (II – III)	75	51	1,471	3,9

Как следует из данных, представленных в таблице 2, к наиболее значимым относились критерии, которые имели максимальный диапазон между положительным и отрицательным значением коэффициента прогноза: локализация перелома, его вид (открытый или закрытый), объем интраоперационной кровопотери и длительность операции.

При оценке диагностической эффективности способа прогноза ИОХВ при металлоосинтезе длинных трубчатых костей (по данным ретроспективной группы) выявлено, что чувствительность (Se) составила 94,29% (80,8-99,3%), специфичность (Sp) – 97-92% (94,03-99,57%).

Положительная прогностическая ценность теста 91,67% (78,16-97,13%), отрицательная прогностическая ценность теста – 98,60% (94,83% – 99,63%).

Фоновые гематологические параметры были исследованы у 27 (67,5%) мужчин и 13 (32,5%) женщин проспективной группы. Все эти пациенты были прооперированы в 2016 году (таблица 4).

Достоверные различия в исходных абсолютных показателях ( $p < 0,01$ ) клеточного состава периферической крови были отмечены только для лимфоцитарного звена иммунной системы: общие лимфоциты, Т лимфоциты (как позитивные, так и негативные CD 16), Т-лимфоциты

Таблица 4

**Фоновые гематологические параметры у пациентов с диафизарными переломами длинных костей конечностей, перенесших металлоосинтез**

Гематологические параметры ( $\times 10^9$ /литр)	Число наблюдений						p-level
	без осложнений (n=24)			с ИОХВ (n=16)			
	Медиана	Q1	Q3	Медиана	Q1	Q3	
Лейкоциты общ.	7,950	6,450	8,550	7,200	6,150	9,050	1,00
В-лимфоциты (CD 19+)	0,186	0,117	0,235	0,232	0,176	0,322	0,09
Т (-) лимфоциты (CD 16 негативные)	1,218	0,926	1,497	1,990	1,555	2,625	0,001
Т (+) лимфоциты (CD 16 позитивные)	0,186	0,141	0,239	0,298	0,194	0,434	0,01
Т-лимфоциты и NK-клетки	1,397	1,153	1,741	2,213	1,708	2,885	0,005
Лимфоциты общ.	1,613	1,297	1,945	2,590	1,931	3,287	0,001
М (-) негативные моноциты	0,659	0,560	0,844	0,608	0,465	0,692	0,26
М (+) позитивные моноциты	0,039	0,030	0,068	0,034	0,018	0,068	0,34
Моноциты общ.	0,687	0,599	0,933	0,630	0,505	0,743	0,20
П/я нейтрофилы	0,008	0,003	0,017	0,010	0,005	0,023	0,31
С/я нейтрофилы	4,666	3,596	6,425	4,637	2,855	5,471	0,23
Нейтрофилы общ.	4,687	3,604	6,430	4,648	2,863	5,482	0,24
Эозинофилы	0,193	0,080	0,292	0,224	0,162	0,381	0,41
Базофилы общ.	0,033	0,017	0,042	0,034	0,005	0,084	0,98

и НК-клетки. Так, исходные значения Т/НК-лимфоцитарного звена иммунитета в группе с развитием местных гнойно-воспалительных осложнений превышали таковые в группе с неосложненным течением послеоперационного периода и составили  $2,213 \times 10^9$ /литр и  $1,397 \times 10^9$ /литр соответственно, при этом  $p\text{-level} < 0,01$ . Следовательно, параметры лимфоцитарного звена иммунной системы целесообразно использовать в качестве прогностического критерия, на основании показателей которого можно выделять пациентов в группу риска в плане развития ИОХВ, т.к. имеются достоверные различия в группах пострадавших с неосложненным течением послеоперационного периода и с ИОХВ. Абсолютное содержание общего количества лейкоцитов в двух группах значительно не различалось, и данный показатель составил  $7,95 \times 10^9$ /литр и  $7,2 \times 10^9$ /литр соответственно.

### Обсуждение

Прогноз развития местных инфекционных осложнений при лечении переломов ДТК осуществляется, как правило, эмпирически. Большинство авторов отмечают некоторые факторы, способствующие развитию ИОХВ: ожирение, возраст пострадавших (старше 60 лет), сопутствующие заболевания (сахарный диабет, декомпенсированная патология сердечно-сосудистой и дыхательной систем, наличие очагов дремлющей инфекции), локализация перелома в дистальных отделах нижней конечности, алиментарная белковая недостаточность, генетическая предрасположенность, дисфункция иммунной системы и др. [8, 10, 13, 14]. Однако эти исследователи не сообщают о весомости каждого из перечисленных прогностических критериев. В большинстве своем указанные этими авторами параметры характеризуют общее состояние пациента.

Работы, в которых сообщается о группах риска развития ИОХВ после ортопедо-травматологических операций или приводятся оригинальные алгоритмы профилактики местных инфекционных осложнений, встречаются реже [7]. Также в последнее время все большее внимание привлекают объективные методы прогноза инфекционных осложнений с применением лабораторных тестов. К таким способам относятся некоторые гематологические параметры, определяющиеся, в частности, методом проточной цитометрии [15].

Разработан оригинальный способ прогнозирования, основанный на выделении среди пострадавших группы риска развития ИОХВ при металлоостеосинтезе ДТК. Результаты

хирургического лечения оценивались в группе проспективного исследования, включающей 117 клинических наблюдений. Виртуально (с учетом прогнозирования) такой риск предполагался у 22 (18,8%) из 117 пострадавших. Всем 22 пациентам (из группы высокого риска развития ИОХВ) и в 31 (26,5%) случае, где риск оценен как неопределенный, проводили комплекс специальных профилактических мероприятий (местной, общей и антибиотикопрофилактики).

Мероприятиями общей профилактики считали: прогнозирование развития ИОХВ на этапе дооперационного обследования; уточнение прогноза развития ИОХВ с учетом интраоперационных данных; подготовка сердечно-сосудистой системы: коррекция водно-электролитного баланса, коррекция нарушений сердечного ритма; коррекция внутриклеточного гомеостаза; коррекция нарушений углеводного обмена; респираторная подготовка; оптимизация трафика в операционной.

Из мероприятий местной профилактики проводили следующие: ультразвуковое исследование зоны операции; пункцию в случае формирования гематом (по данным УЗИ); контроль за количеством отделяемого по дренажам; бактериологическое исследование отделяемого по дренажам и пункционного материала; магнито- и лазеротерапию в зоне операции.

В результате после осуществления этих мероприятий из 22 случаев с высоким риском развития ИОХВ, спрогнозированных математически, реально местные гнойные осложнения отмечены у 11 (9,4%) пациентов, перенесших МОС в связи с переломом длинных костей конечностей. При этом глубокая ИОХВ развилась у 3 (2,6%) пациентов.

### Выводы

1. В плане риска развития инфекции в зоне металлоостеосинтеза ДТК прогностически значимыми являются следующие факторы: пол, возраст, сопутствующие заболевания, время года, индекс массы тела, длительность предоперационного периода, локализация перелома, ряд фоновых параметров лимфоцитарного звена иммунной системы (дооперационные критерии). К интраоперационным прогностическим факторам относятся сведения о длительности операции, объеме интраоперационной кровопотери, локализации перелома, наличии и виде импланта. Критерий послеоперационного прогноза — режим пациента.

2. Разработанный и апробированный способ профилактики ИОХВ, базирующийся на индивидуальном прогнозе риска развития

местных гнойно-воспалительных осложнений после металлоостеосинтеза длинных костей конечностей, направлен на оптимизацию предоперационной подготовки и учет особенностей организации лечебно-диагностического процесса. Прогноз целесообразно осуществлять на этапах предоперационной подготовки и в послеоперационном периоде.

3. Применение на практике методики математического прогноза развития ИОХВ и мер профилактики у пациентов с переломами длинных трубчатых костей позволило достичь уменьшения частоты развития местных инфекционных осложнений после МОС длинных костей конечностей с 19,6% до 9,4%, т.е. в 2 раза. Частота глубокой инфекции также снизилась вдвое: с 5,6% до 2,6%. Апробация способа прогноза и профилактики у пациентов проспективной группы подтверждает правильность выбора факторов риска развития инфекции в зоне операции при металлоостеосинтезе длинных трубчатых костей.

4. Выделение группы высокого риска развития ИОХВ и применение профилактических мероприятий позволяют в половине случаев предотвратить развитие гнойных осложнений в зоне операции. Применение на практике предложенной методики не требует специальной подготовки или оборудования. Полученные данные демонстрируют, что использование современных организационных подходов у пациентов, нуждающихся в хирургическом лечении переломов длинных костей, позволяет в ряде случаев предотвратить развитие местных инфекционных осложнений.

#### Финансирование

Работа выполнялась в соответствии с планом научных исследований Северо-Западного государственного медицинского университета им. И.И. Мечникова.

#### Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### Одобрение комитета по этике

Исследование одобрено этическим комитетом Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беленький ИГ, Кутянов ДИ, Спасивцев АЮ. Структура переломов длинных костей конечностей у пострадавших, поступающих для хирургического лечения в городской многопрофильный стационар. *Вестн С-Петерб Ун-та. Сер. 11.* 2013;(1):134-39. [http://vestnik.spbu.ru/pdf13/s11/s11v1\\_13.pdf](http://vestnik.spbu.ru/pdf13/s11/s11v1_13.pdf)
2. Van den Berg J, Osei D, Boyer M, Gardner MJ, Ricci WM, Spraggs-Hughes A, McAndrew CM. Open tibia shaft fractures and soft-tissue coverage: the effects of management by an orthopaedic microsurgical team. *J Orthop Trauma.* 2017 Jun;31(6):339-344. doi: 10.1097/BOT.0000000000000815
3. Попов ВП, Зделько ВП, Трухачев ИГ, Попов АВ. Осложнения при накостном остеосинтезе у больных с переломами длинных трубчатых костей. *Гений Ортопедии.* 2014;(2):5-9. <https://cyberleninka.ru/article/v/oslozhneniya-pri-nakostnom-osteosinteze>
4. Scharfenberger AV, Alabassi K, Smith S, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, Beaupre LA. Primary wound closure after open fracture: a prospective cohort study examining nonunion and deep infection. *J Orthop Trauma.* 2017 Mar;31(3):121-26. doi: 10.1097/BOT.0000000000000751
5. Дворник СА, Кезля ОП, Рустамов ХМ. Осложнения в хирургии повреждений длинных костей нижних конечностей при сочетанной травме. *Экстр Медицина.* 2014;(1):53-61.
6. Westgeest J, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, Buckley R, Beaupre LA. Factors associated with development of nonunion or delayed healing after an open long bone fracture: a prospective cohort study of 736 subjects. *J Orthop Trauma.* 2016 Mar;30(3):149-55. doi: 10.1097/BOT.0000000000000488
7. Дорофеев ЮЛ, Пташников ДА, Ткаченко АН, Бахтин МЮ, Калимуллина АФ. Прогноз глубоких инфекционных осложнений при эндопротезировании тазобедренных суставов. *Вестн Хирургии им ИИ Грекова.* 2015;174(5):40-44. <https://www.vestnik-grekova.ru/jour/article/view/115/116>
8. Деркачев ВС, Алексеев СА, Ибрагимов ЖА, Потапов МП, Бордаков ВН, Гончарик АВ, Семехина СЕ, Картун ЛВ. Иммунологические предикторы ранних послеоперационных гнойно-воспалительных осложнений у пациентов с переломами длинных трубчатых костей. *Новости Хирургии.* 2016;24(6):561-67. doi: <https://dx.doi.org/10.18484/2305-0047.2016.6.561>
9. Мироманов АМ, Трубицын МВ, Миронова ОБ, Мироманова НА. Персонализированные аспекты развития воспалительных осложнений при переломах костей конечностей. *Политравма.* 2017;(2):37-41. <https://cyberleninka.ru/article/v/personalizirovannye-aspekty-razvitiya>
10. Hernigou J, Schuind F. Smoking as a predictor of negative outcome in diaphyseal fracture healing. *Int Orthop.* 2013 May;37(5): 883-87. Published online 2013 Feb 8. doi: 10.1007/s00264-013-1809-5
11. Wald A. Sequential tests of statistical hypotheses. *Ann Math Statist.* 1945;16(2):117-86. doi:10.1214/aoms/1177731118
12. Гублер ЕВ, Генкин АА. Применение непараметрических критериев статистики в медико-биологических исследованиях. Ленинград, СССР: Медицина; 1973. 142 с.
13. Kempgowda H, Richard R, Borade A, Tawari A, Graham J, Suk M, Howenstein A, Kubiak EN,

Sotomayor VR, Koval K, Liporace FA, Tejwani N, Horwitz DS. Obesity is associated with high perioperative complications among surgically treated intertrochanteric fracture of the femur. *J Orthop Trauma*. 2017 Jul;31(7):352-57. doi: 10.1097/BOT.0000000000000825

14. Nahm NJ, Moore TA, Vallier HA. Use of two grading systems in determining risks associated with timing of fracture fixation. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014 Aug;77(2):268-79. doi: 10.1097/TA.0000000000000283

15. Qu C, Pu C, Shang K, Dong N, Xing Y, Li X, Wang J. Reference intervals and its verification for leukocyte differential count in peripheral blood by Cyto-Diff flow cytometry. *Zhonghua Yi Xue ZaZhi*. 2015 Jul 14;95(26):2079-83. [ArticleinChinese]

#### REFERENCES

1. Belen'ki IG, Kutianov DI, Spesivtsev AIu. Long-bone fractures in patients who need surgical treatment in municipal multi-field emergency hospital. *Vestn S-Peterb Un-ta. Ser. 11*. 2013;(1):134-39. [http://vestnik.spbu.ru/pdf13/s11/s11v1\\_13.pdf](http://vestnik.spbu.ru/pdf13/s11/s11v1_13.pdf) (in Russ.)
2. Van den Berg J, Osei D, Boyer MI, Gardner MJ, Ricci WM, Spraggs-Hughes A, McAndrew CM. Open tibia shaft fractures and soft-tissue coverage: the effects of management by an orthopaedic microsurgical team. *J Orthop Trauma*. 2017 Jun;31(6):339-344. doi: 10.1097/BOT.0000000000000815
3. Popov VP, Zdre'ko VP, Trukhachev IG, Popov AV. Complications of extramedullary osteosynthesis in patients with long bone fractures. *Genii Ortopedii*. 2014;(2):5-9. <https://cyberleninka.ru/article/v/oslozhneniya-pri-nakostnom-osteosinteze>. (in Russ.)
4. Scharfenberger AV, Alabassi K, Smith S, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, Beaupre LA. Primary wound closure after open fracture: a prospective cohort study examining nonunion and deep infection. *J Orthop Trauma*. 2017 Mar;31(3):121-26. doi: 10.1097/BOT.0000000000000751
5. Dvornik S, Kezlya O, Rustamov Kh. Surgical complications of long bones fractures of the lower extremities in patients with combined injuries. *Ekstr Meditsina*. 2014;(1):53-61. (in Russ.)
6. Westgeest J, Weber D, Dulai SK, Bergman JW, Buckley R, Beaupre LA. Factors associated with development of nonunion or delayed healing after an open long bone fracture: a prospective cohort study of 736

#### Адрес для корреспонденции

195067, Российская Федерация,  
г. Санкт-Петербург, Пискаревский пр., д. 47,  
Северо-Западный государственный медицинский  
университет им. И.И. Мечникова,  
кафедра травматологии,  
ортопедии и военно-полевой хирургии,  
тел.: +7-911-215-19-72,  
e-mail: altkachenko@mail.ru,  
Ткаченко Александр Николаевич

#### Сведения об авторах

Ткаченко Александр Николаевич, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация. <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>

- subjects. *J Orthop Trauma*. 2016 Mar;30(3):149-55. doi: 10.1097/BOT.0000000000000488
7. Dorofeev YuL, Ptashnikov DA, Tkachenko AN, Bakhtin MYu, Kalimullina AF. Prognosis of deep infectious complications in hip arthroplasty. *Vestn Khirurgii im II Grekova*. 2015;174(5):40-44. <https://www.vestnik-grekova.ru/jour/article/view/115/116> (in Russ.)
  8. Derkachev VS, Alekseev SA, Ibragimova ZA, Potapnev MP, Bordakov VN, Honcharick AV, Semerichina SE, Kartun LV. Immunological predictors of early postoperative pyo-inflammatory complications in patients with long bone fractures. *Novosti Khirurgii*. 2016 Nov-Dec;24 (6): 561-67. doi: 10.18484/2305-0047.2016.6.561 (in Russ.)
  9. Miromanov AM, Trubitsin MV, Mironova OB., Mironanova NA. The personalised aspects of development of inflammatory complications in fractures of bones of extremities. *Politравма*. 2017;(2):37-41. <https://cyberleninka.ru/article/v/personalizirovannye-aspekty-razvitiya> (in Russ.)
  10. Hernigou J, Schuind F. Smoking as a predictor of negative outcome in diaphyseal fracture healing. *Int Orthop*. 013 May;37(5): 883-87. Published online 2013 Feb 8. doi: 10.1007/s00264-013-1809-5
  11. Wald A. Sequential tests of statistical hypotheses. *Ann Math Statist*. 1945;16(2):117-86. doi:10.1214/aoms/1177731118
  12. Gubler EV, Genkin AA. Primenenie neparametricheskikh kriteriev statistiki v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh. Leningrad, SSSR: Meditsina; 1973. 142 p. (in Russ.)
  13. Kempegowda H, Richard R, Borade A, Tawari A, Graham J, Suk M, Howenstein A, Kubiak EN, Sotomayor VR, Koval K, Liporace FA, Tejwani N, Horwitz DS. Obesity is associated with high perioperative complications among surgically treated intertrochanteric fracture of the femur. *J Orthop Trauma*. 2017 Jul;31(7):352-57. doi: 10.1097/BOT.0000000000000825
  14. Nahm NJ, Moore TA, Vallier HA. Use of two grading systems in determining risks associated with timing of fracture fixation. *J Trauma Acute Care Surg*. 2014 Aug;77(2):268-79. doi: 10.1097/TA.0000000000000283
  15. Qu C, Pu C, Shang K, Dong N, Xing Y, Li X, Wang J. Reference intervals and its verification for leukocyte differential count in peripheral blood by Cyto-Diff flow cytometry. *Zhonghua Yi Xue ZaZhi*. 2015 Jul 14;95(26):2079-83. [ArticleinChinese]

#### Address for correspondence

195067, The Russian Federation,  
Saint-Petersburg, Piskarevsky Ave., 47,  
North-West State Medical University  
Named after I.I. Mechnikov,  
Department of Traumatology,  
Orthopedics and Military Field Surgery,  
tel.: +7-911-215-19-72,  
e-mail: altkachenko@mail.ru,  
Aleksandr N. Tkachenko

#### Information about the authors

Tkachenko Aleksandr N., MD, Professor of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation. <https://orcid.org/0000-0003-4585-5160>

Гайковская Лариса Борисовна, д.м.н., профессор кафедры биологической и общей химии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-1000-1114>

Эхсан-Уль-Хак, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>

Корнеев Алексей Александрович, д.м.н., профессор, профессор кафедры автоматизации управления медицинской службой с военно-медицинской статистикой Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0001-5870-8042>

Кушнирчук Игорь Иосипович, к.м.н., доцент кафедры автоматизации управления медицинской службой с военно-медицинской статистикой Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-6926-5360>

Мансуров Джалолидин Шамсидинович, аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>

Ермаков Алексей Игоревич, врач центральной клинико-диагностической лаборатории, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация.

<https://orcid.org/0000-0003-3435-5881>

#### Информация о статье

*Получена 19 февраля 2018 г.*

*Принята в печать 10 декабря 2018 г.*

*Доступна на сайте 31 декабря 2018 г.*

Gaikovaya Larisa B., MD, Professor of the Department of Biological and General Chemistry, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-1000-1114>

Ehsan Ulhaq, Post-Graduate Student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-9647-052X>

Korneev Aleksei A., MD, Professor of the Department of Medical Service Management Automation with Military Medical Statistics, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0001-5870-8042>

Kushnirchuk Igor O., PhD, Associate Professor of the Department of Medical Service Management Automation with Military Medical Statistics, Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint Petersburg, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-6926-5360>

Mansurov Djalolidin Sh., Post-Graduate Student of the Department of Traumatology, Orthopedics and Military Field Surgery, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-1799-641X>

Ermakov Aleksei I., Physician of the Central Clinical and Diagnostic Laboratory, North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0003-3435-5881>

#### Article history

*Arrived 19 February 2018*

*Accepted for publication 10 December 2018*

*Available online 31 December 2018*