

УДК 616.12-089.168-06-022.7

DOI: 10.17816/pmj37633-41

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОМИНАНТНЫХ ВИДОВ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ПОСТСТЕРНОТОМИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ В КАРДИОХИРУРГИИ

А.В. Касатов^{1,2}, Э.С. Горовиц^{1}*

¹Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера,

²Пермская краевая клиническая больница, Россия

SPECIES DIVERSITY AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF DOMINANT SPECIES OF CAUSATIVE AGENTS OF POSTSTERNOTOMIC INFECTIOUS COMPLICATIONS IN CARDIAC SURGERY

A.V. Kasatov^{1,2}, E.S. Gorovits^{1}*

¹E.A. Vagner Perm State Medical University,

²Perm Regional Clinical Hospital, Russian Federation

Цель. Изучение микробного состава и биологических свойств доминантных видов возбудителей инфекционно-воспалительных осложнений после кардиохирургических вмешательств. Инфекционно-воспалительные осложнения, развивающиеся после кардиохирургических вмешательств со стеральной доступом, такие как остеомиелит грудины и ребер, стерномедиастинит, являются тяжелыми жизнеугрожаемыми состояниями.

Материалы и методы. Выполнено бактериологическое исследование отделяемого стеральной раны 178 пациентов с различными инфекционно-воспалительными осложнениями после стернотомических операций на открытом сердце. Изучены биологические свойства изолятов.

Результаты. Выделено 242 штамма микроорганизмов, относящихся к различным таксонам. Превалировали грамположительные бактерии, в частности, *S. aureus* и *S. epidermidis*. Из грамотрицательных бакте-

© Касатов А.В., Горовиц Э.С., 2020

тел. +7 (342) 236 44 85

e-mail: eduard.gorovitz@mail.ru

[Касатов А.В. – кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой госпитальной хирургии, главный врач; Горовиц Э.С. (*контактное лицо) – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой микробиологии и вирусологии].

© Kasatov A.V., Gorovits E.S., 2020

tel. +7 (342) 236 44 85

e-mail: eduard.gorovitz@mail.ru

[Kasatov A.V. – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Hospital Surgery, Head Physician; Gorovits E.S. (*contact person) – MD, PhD, Professor, Head of Department of Microbiology and Virology].

рий преобладали *P. aeruginosa* и *E. coli*. Все изоляты *S. aureus* и *P. aeruginosa* обладали различными факторами вирулентности и персистенции, в том числе способностью к биопленкообразованию. Карбапенемы проявляли наибольшую бактерицидную активность в отношении штаммов *S. aureus* и *P. aeruginosa*.

Выводы. Полученные данные позволяют оптимизировать предоперационную подготовку кардиохирургических пациентов.

Ключевые слова. Микроорганизмы, биологические свойства, инфекционно-воспалительные осложнения, кардиохирургия.

Objective. To study the microbial and biological properties of the dominant species of causative agents of infectious and inflammatory complications after cardiac surgery. Infectious and inflammatory complications (IIC) developing after cardiac surgery with sternal approach such as thoracic and rib osteomyelitis, sterno-mediastinitis are severe life threatening states.

Materials and methods. Bacteriological study of the sternal wound discharge from 178 patients with different infectious and inflammatory complications after sternotomic open-heart surgeries was conducted. Biological properties of isolates were investigated.

Results. There were detected 242 strains of microorganisms referring to different taxons. Gram-positive bacteria, in particular, *S. aureus* and *S. epidermidis* prevailed. Out of gram-negative bacteria, prevailed *P. aeruginosa* and *E. coli*. All isolates *S. aureus* and *P. aeruginosa* possessed different factors of virulence and persistence including ability to biofilm formation. Carbapenems displayed the greatest bactericidal activity in relation to *S. aureus* and *P. aeruginosa*.

Conclusions. The obtained data permit to optimize the preoperative preparation of cardiac surgery patients.

Keywords. Microorganisms, biological properties, infectious and inflammatory complications, cardiac surgery.

ВВЕДЕНИЕ

Инфекционно-воспалительные осложнения (ИВО), развивающиеся после кардиохирургических вмешательств со стеральной доступом, такие как остеомиелит грудины и ребер, стерномедиастинит, являются тяжелыми жизнеугрожаемыми состояниями [1]. По оценкам различных исследователей они возникают в 0,3–9 % случаев [2, 3]. Вместе с тем с увеличением количества операций на открытом сердце их количество будет нарастать [4].

Известно, что этиологическими агентами ИВО, как с поверхностным, так и глубоким поражением тканей, может быть широкий спектр микроорганизмов – представителей различных таксономических групп [5–7]. Из грампозитивных бактерий это прежде всего бактерии рода *Staphylococcus* с до-

минированием *S. aureus* и *S. epidermidis*. На их долю приходится до 70–80 % всех ИВО у кардиохирургических пациентов [6]. Из других грамположительных микроорганизмов имеют значение бактерии родов *Enterococcus spp.* и *Streptococcus spp.*, но эти микроорганизмы изолируют из стеральной раны существенно реже [5]. Среди грамотрицательных бактерий преобладают представители семейства *Enterobacteriaceae* (*Escherichia spp.*, *Klebsiella spp.*, *Enterobacter spp.*), а также неферментирующие бактерии (*Pseudomonas aeruginosa* и *Acinetobacter spp.*) [7, 8].

Анализируя вопросы этиологии ИВО, большинство клиницистов, как правило, ограничиваются лишь констатацией факта обнаружения тех или иных этиопатогенов, изучение их биологических свойств остается вне внимания исследователей. В то же время наличие определенных факторов вирулент-

ности и персистенции у изолированных из области хирургического вмешательства микроорганизмов, их антибиотикочувствительности в значительной мере определяют тяжесть и особенности течения патологического процесса.

Цель исследования – изучение микробного состава и биологических свойств доминантных видов возбудителей инфекционно-воспалительных осложнений у кардиохирургических пациентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выполнено бактериологическое обследование 178 пациентов с различными клиническими формами ИВО, развившимися после кардиохирургических вмешательств со срединной стернотомией, в том числе 36 пациентов с диагнозом стерномедиастинита, 80 – остеомиелита грудины и ребер, 62 – нестабильности грудины. В качестве материала для исследования использовали отделяемое стеральной раны. Взятие, транспортировку и посев исследуемого материала проводили в соответствии с положениями приказа МЗ СССР № 535 от 22.04.1985 г. Изолированные бактериальные культуры идентифицировали до вида на основании исследования морфологических, тинкториальных и биохимических свойств, используя соответствующие тест-системы (производства «ЭРБА-ЛАХЕМА», Чехия) «Стафи-», «Стрепто-», «Энтеро-», «Эн-Коккус-» и «Неферм-тесты 24». Для учета результатов применяли баканализатор фирмы ERMOLABS STEM (Финляндия) и Multiskan-Ascent с компьютерной программой «Микробавтомат», позволяющей проводить автоматическое считывание полученных данных. Наличие фактора вирулентности у выделен-

ных из области хирургического вмешательства культур стафилококков и псевдомонад определяли традиционными методами. Для оценки факторов персистенции у штаммов стафилококков (антикомплементарной, антилизоцимной, антилактоферриновой активностей и способности к биопленкообразованию) использовали рекомендации О.В. Бухарина [9] и И.А. Шагинян с соавт. [10]. Биопленкообразование штаммов псевдомонад изучали по O. Toole et al. [11]. Чувствительность изолированных культур стафилококков и псевдомонад к антибактериальным препаратам изучали диско-диффузионным методом в соответствии с МУК 4.2.12 «Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам», утвержденными главным государственным санитарным врачом РФ. В качестве тестируемых использовали антибактериальные препараты основных групп, рекомендованным этим документом. Для стафилококков – беталактамы (оксицилин), аминогликозиды (гентамицин), линкозамиды (линкомицин), фторхинолоны (ципрофлоксацин), карбапенемы (имипенем) и ванкомицин. Штаммы псевдомонад тестировали в отношении цефалоспоринов третьего поколения (цефтазидим), карбапенемов (меропенем и имипенем), фторхинолонов (ципрофлоксацин, офлоксацин), аминогликозидов (гентамицин, амикоцин), полимиксинов (полимиксин В).

Статистический анализ полученных результатов выполняли с помощью компьютерной программы Statistica 6.0. Полученные количественные параметры приведены в виде средних арифметических величин и их ошибки ($M \pm m$). Оценку достоверности различий сравниваемых показателей проводили, используя непараметрический критерий χ^2 . Различия считали значимыми при

$p < 0,05$. При анализе корреляционной связи полученных данных определяли коэффициент ранговой корреляции r по Спирмену.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из области хирургического вмешательства у 96 % пациентов из 178 обследованных с ИВО были выделены микроорганизмы: всего из стеральной раны изолировано 242 штамма грамположительных и грамотрицательных бактерий, представителей различных таксонов, а также грибы рода *Candida* (табл. 1).

Таблица 1

Видовой спектр и частота выделения микроорганизмов из отделяемого стеральной раны

Микроорганизм	Количество выделенных штаммов	
	абс.	%
<i>S. aureus</i>	73	30,17
<i>S. epidermidis</i>	51	21,07
<i>S. saprophyticus</i>	8	3,31
<i>S. haemolyticus</i>	7	2,89
<i>S. warneri</i>	7	2,89
<i>S. hominis</i>	5	2,067
<i>Str. viridans</i>	3	1,24
<i>E. coli</i>	23	9,50
<i>K. pneumoniae</i>	19	7,85
<i>E. cloacae</i>	2	0,83
<i>C. freundii</i>	1	0,41
<i>P. aeruginosa</i>	28	11,57
<i>A. baumannii</i>	1	0,41
<i>Enterococcus faecium</i>	8	3,31
<i>Candida, spp</i>	6	2,48
Всего	242	100

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 1, бактерии рода *Staphylococcus* инфицировали область хирургического вмешательства существенно чаще. Их спектр характеризовался широким видовым

разнообразием. Выделено шесть видов этих микроорганизмов. Доминировали *S. aureus* и *S. epidermidis* – 30,17 и 21,07 % соответственно от общего числа изолированных культур. О ведущей роли этих микроорганизмов в этиологии постстернотомических ИВО в кардиохирургии сообщают и другие исследователи [6]. Что касается грамотрицательных бактерий, то превалировали представители семейства *Enterobacteriaceae* – *E. coli* в 9,50 % и *Klebsiella spp.* в 7,85 % из общего количества выделенных культур. Следует отметить и достаточно высокую долю случаев контаминации стеральной раны штаммами *P. aeruginosa* – 11,75 %. Остальные виды микроорганизмов, в том числе грибы рода *Candida spp.*, высевали из области хирургического вмешательства в единичных случаях. У 28 % обследованных пациентов из раневого отделяемого изолировали бактериальные ассоциации, как правило, они были представлены двумя сочленами, одним из которых являлись стафилококки.

Таким образом, при бактериологическом обследовании 178 пациентов с различными клиническими формами ИВО, возникшими после кардиохирургических вмешательств со стеральным доступом, более чем в половине случаев из области хирургического вмешательства были выделены культуры *S. aureus* и *S. epidermidis*. Из грамотрицательных бактерий чаще изолировали штаммы *E. coli* и *P. aeruginosa*. Анализируя результаты, следует подчеркнуть, что выделенные из стеральной раны при ИВО у кардиохирургических пациентов микроорганизмы, это, по существу, те же основные этиопатогены нозокомиальных инфекций различной локализации, регистрируемых в хирургических стационарах. Их принято обозначать аббревиатурой ЕСКАРЕ, что

Таблица 2

**Факторы вирулентности и персистенции бактерий рода *Staphylococcus*,
выделенных из отделяемого стерильной раны**

Микроорганизм	Количество штаммов, обладающих факторами, %						
	вирулентности			персистенции			
	Гемолизин	Лецитиназа	ДНК-аза	АЛА	АКА	АЛФА	БПО
<i>S. aureus</i>	100,0 ± 10,43	100,0 ± 10,43	94,40 ± 9,84	20,50 ± 2,14	100,0 ± 10,43	94,40 ± 9,84	94,40 ± 9,84
КОС	93,60 ± 9,76	19,1 ± 1,99	6,40 ± 0,67	81,00 ± 8,44	44,70 ± 4,66	97,90 ± 10,21	87,20 ± 9,84
Достоверность различий <i>p</i>	> 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,05	> 0,05	> 0,05

Примечание: АЛА – антилизозимная активность; АКА – антикомплементарная активность; АЛФА – антилактоферриновая активность; БПО – биопленкообразование.

означает *E. faecium*, *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *A. baumannii*, *P. aeruginosa* и *E. cloacae* [12], причем их спектр последние 30 лет практически не меняется [13].

Принимая во внимание, что культуры *S. aureus*, *S. epidermidis*, а также *P. aeruginosa* являются доминантными этиопатогенами ИВО у обследованных пациентов, были изучены их основные биологические свойства, в частности, наличие и спектр факторов вирулентности, персистенции и антибиотико-чувствительности именно у данных микроорганизмов.

Всего из области хирургического вмешательства был изолирован 151 штамм бактерий рода *Staphylococcus*, в том числе, 73 культуры *S. aureus* и 78 коагулазоотрицательных стафилококков (КОС), 51 из них – *S. epidermidis*. Результаты изучения факторов вирулентности и персистенции у них суммированы в табл. 2.

Из представленных данных следует, что штаммам *S. aureus* достоверно чаще, чем представителям КОС были присущи те или иные ферменты патогенности. Особенно значимы были эти различия в отношении лецитиназной и ДНК-азной активности.

Практически все изоляты *S. aureus*, в отличие от штаммов КОС, обладали этими признаками. Иные закономерности констатировали при сравнительном анализе факторов персистенции у изучаемых культур. Независимо от видовой принадлежности, подавляющее большинство исследованных культур обладали определенным набором факторов персистенции. При этом частота встречаемости АЛФА и способности к биопленкообразованию (БПО) у штаммов сопоставляемых групп, по существу, была одинаково высокой. Однако культуры *S. aureus* статистически значимо чаще проявляли АКА в сравнении со штаммами КОС. Для последних, напротив, была более характерна АЛА.

Следовательно, колонизирующие область хирургического вмешательства у обследованных пациентов штаммы стафилококков различных видов могли противостоять действию гуморальных неспецифических факторов резистентности организма, таким как комплемент, лизоцим, лактоферрин и другим. Что касается способности к БПО, то образуемые микроорганизмами сообщества, защищенные матриксом, более устойчивы к воздействию антибактериальных препаратов,

чем планктонные формы [14]. Наличие ферментов инвазии и агрессии у культур стафилококков, прежде всего *S. aureus*, изолированных из стерильной раны у пациентов с ИВО, и выраженные персистентные свойства подтверждают их этиологическую роль в развитии этих осложнений.

При изучении антибиотикочувствительности изолятов установлено, что все изученные культуры, как *S. aureus*, так и КОС, были чувствительны к ванкомицину, традиционно применяемому для лечения заболеваний, обусловленных полирезистентными штаммами бактерий рода *Staphylococcus*. В то же время практически половина штаммов *S. aureus* (42,8 %) и 21,42 % КОС были метициллинрезистентными (MRS). О росте этиологической значимости MRS-штаммов стафилококков при ИВО в кардиохирургии сообщают различные авторы, более того, по их мнению, обусловленные такими культурами заболевания отличаются тяжелым течением, а порой и негативным прогнозом [15]. Из других использованных антибиотиков имипенем и линкомицин характеризовались наибольшей эффективностью. Более 70 % штаммов *S. aureus* и подавляющее большинство КОС (90 %) проявляли чувствительность к имипенему и 64 и 70 % этих культур соответственно – к линкомицину. При этом изоляты стафилококков вне зависимости от вида отличались высокой резистентностью к гентамицину (*S. aureus* – 57,14 %; КОС – 35,71 %) и ципрофлоксацину практически в тех же пределах.

Таким образом, все культуры *S. aureus*, инфицировавшие область хирургического вмешательства у пациентов, находившихся под нашим наблюдением, характеризовались не только наличием широкого набора факторов вирулентности и персистенции, но и достаточно высокой резистентностью к

ряду антибиотиков, в том числе метициллину. При этом в сравнении с представителями КОС они отличались большей вирулентностью и антибиотикоустойчивостью.

Как уже указывалось, среди грамотрицательных бактерий – этиопатогенов ИВО доминировали культуры *P. aeruginosa*. По наблюдениям ряда исследователей, их роль в этиологии ИВО различной локализации при кардиохирургических вмешательствах возрастает. Они могут быть причиной практически пятой части (до 17 %) всех случаев постстернотомических ИВО у кардиохирургических больных [16]. В результате бактериологического обследования 178 пациентов с такой патологией нами выделено 28 штаммов *P. aeruginosa*, что составило 11,57 % от общего числа изолированных микроорганизмов. Изучение их биологических свойств показало, что все 28 изолятов на жидкой питательной среде образовывали сине-зеленый пигмент. Его наличие является характерным видовым признаком этих микроорганизмов. Подавляющее большинство изученных культур (26) обладали гемолитической активностью. Степень ее выраженности варьировалась в широком диапазоне от 0,5 до 4,5 усл. ед., среднее значение составило $1,99 \pm 0,53$. Двадцати штаммам была присуща фосфолипазная активность, ее уровень также колебался в широких пределах – от 0,3 до 4,0 усл. ед. и в среднем был равен $2,04 \pm 0,55$. Как правило, эти ферменты вирулентности были характерны для одних и тех же культур. Между этими признаками констатировали прямую выраженную корреляцию: коэффициент корреляции $r = 0,846$, $p = 0,0001$. Более половины изученных штаммов (57,14 %) образовывали мукоид альгинат, входящий в состав экзополисахаридов. Такие бактерии, выделяя слизь, образуют на поверхности агара блестящие вязкие колонии. Подобная способность к слизиобразованию так-

же является одним из факторов вирулентности культур *P. aeruginosa*.

БПО было характерно для всех 28 изученных штаммов, причем 64,28 % из них являлись высоко пленкообразующими вариантами. Степень выраженности этого феномена в среднем составила $0,903 \pm 0,535$ опт. ед. Между фосфолипазной, гемолитической активностями, с одной стороны, и уровнем продукции слизи, способностью к БПО – с другой, статически значимой зависимости не установлено.

Таким образом, культуры *P. aeruginosa*, изолированные от кардиохирургических пациентов с постстернотомическими ИВО, обладали не только теми или иными факторами вирулентности, но и персистенции. При этом большинству из них был присущ набор нескольких факторов вирулентности и выраженная способность к БПО.

В дальнейшем изучена чувствительность этих изолятов к антибиотикам. Все штаммы *P. aeruginosa*, выделенные из отделяемого стеральной раны, проявляли чувствительность к полимиксину В. Практически 70 % из них (69,80 %) ингибировались карбапенемами, а 67,64 % –цефтазидимом. Менее эффективными оказались амикоцин и гентамицин. Они были активны в отношении 57,46 и 52,72 % изученных штаммов соответственно. Более половины культур были резистентны к ципрофлоксацину (58,16 %) и офлоксацину (52,18 %). Четыре штамма *P. aeruginosa* характеризовались полирезистентностью, они были устойчивы к антибактериальным препаратам трех классов, в том числе и к карбапенемам. О росте уровня антибиотикорезистентности культур *P. aeruginosa*, циркулирующих в хирургических стационарах различного профиля, сообщают и другие исследователи [15]. Учитывая, что по существу все изученные нами штаммы *P. aeruginosa* образовывали биоплен-

ки, а более половины из них были высоко биопленкообразующими вариантами, можно полагать, что в условиях *in vivo* их чувствительность к антибиотикам будет значительно ниже. Сопоставляя полученные *in vitro* данные по эффективности протестированных препаратов, следует отметить, что карбапенемы обладали наибольшей антибактериальной активностью в отношении обоих доминантных видов (*S. aureus* и *P. aeruginosa*) – возбудителей ИВО у обследованных кардиохирургических пациентов.

Выводы

1. При бактериологическом обследовании 178 пациентов с инфекционно-воспалительными осложнениями, развившимися после кардиохирургических вмешательств со стеральным доступом, из области хирургического вмешательства у 96 % из них выделены 252 штамма грамположительных и грамотрицательных микроорганизмов – представителей различных таксономических групп.

2. Среди грамположительных бактерий доминировали *S. aureus*, на их долю пришлось 48,34 % от всех изолятов. *P. aeruginosa* преобладали среди грамотрицательных бактерий – 11,60 % штаммов. Практически всем выделенным культурам этих видов был присущ определенный спектр факторов вирулентности и персистенции.

3. Более половины изолятов *S. aureus* были резистентны к фторхинолонам и аминогликозидам, а 42,8 % относились к метициллинрезистентным штаммам. Среди выделенных культур *P. aeruginosa* более 50 % были устойчивы к фторхинолонам. Наиболее эффективные препараты – карбапенемы: они подавляли рост 72 % штаммов *S. aureus* и 69,80 % *P. aeruginosa*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хубулава Г.Г., Шихвердиев Н.Н., Фогт П.Р., Марченко С.П., Наумов А.Б., Суворов В.В., Аверкин И.И. Результаты применения методики элиминации стеральной инфекции у кардиохирургических пациентов. Вестник хирургии им. И.И. Грекова. 2015; 174 (5): 57–60.
2. Порханов В.А., Поляков И.С., Коваленко А.Л., Сирота А.А. Современная тактика лечения послеоперационных стерномедиастинитов с использованием вакуумных повязок. Раны и раневые инфекции: материалы I Международного конгресса М. 2012; 277–278.
3. Meszaros K., Fuebrer U., Grogg S., Sodeck G., Czerny M., Marschall J., Carrel T. Risk Factors for Sternal Wound Infection After Open Heart Operations Vary According to Type of Operation. *Ann Thorac Surg* 2016; 101: 1418–1425.
4. Корымасов Е.А., Пушкин С.Ю., Белян А.С., Медведчиков-Ардия М.А. Стратегия и тактика хирургического лечения инфекционных осложнений после стернотомии. Раны и раневые инфекции. Журнал им. проф. Б.М. Костюченка 2015; 2 (4): 15–25.
5. Попов Д.А. Послеоперационные инфекционные осложнения в кардиохирургии. *Анналы хирургии* 2013; 5: 15–21.
6. Gardlund B., Bitkover C.Y., Vaage J. Postoperative mediastinitis in cardiac surgery – microbiology and pathogenesis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21 (5): 825–830.
7. Епифанова Н.Ю., Кулабухов В.В., Чжао А.В. Принципы подхода к антибиотикопрофилактике в хирургии в современных условиях. *Высокотехнологическая медицина* 2016; 3 (1): 26–39.
8. Вачев А.Н., Корытцев В.К., Адыширин Э.Э., Гладышев В.В. Дифференцированный подход при лечении больных со стерномедиастинитом после кардиохирургических операций. *Вестник хирургии* 2018; 177 (2): 60–63.
9. Бухарин О.В. Персистенция патогенных бактерий. М.: Медицина 1999; 366.
10. Шагинян И.А., Данилина Г.А., Чернуха М.Ю., Алексеева Г.В., Батов А.Б. Формирование биопленок клиническими штаммами бактерий комплекса *Burkholderia cepacia* в зависимости от их фенотипических и генотипических характеристик. *Журнал микробиологии* 2007; 1: 3–9.
11. O'Toole G.A., Kolter R. Flagellar and twitching motility are necessary for *P. aeruginosa* biofilm development. *Mol Microbiol* 1998; 30: 295–304.
12. Назарчук А.А., Фаустова М.А., Колодий С.А. Микробиологическая характеристика инфекционных осложнений, актуальные аспекты их профилактики и лечения у хирургических пациентов. *Новости хирургии* 2019; 27 (3): 318–327.
13. Kramer A., Pochhammer J., Walger P., Seifert U., Rubnke M., Harnoss J.C. Erregerspektrum postoperativer Komplikationen in der Viszeralchirurgie. *Der Chirurg* 2017; 88 (5): 369–376.
14. Кузнецова М.В. Характеристика биологических свойств нозокомиальных штаммов *Pseudomonas aeruginosa*. *Пермский медицинский журнал* 2014; 31 (3): 59–64.
15. Walsh E.E., Greene L., Kirshner R. Sustained reduction in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* wound infections after cardiothoracic surgery. *Arch Intern Med* 2011; 171 (1): 68–73.
16. Горбунов В.А., Джорджикия Р.К., Мухарямов М.Н., Вагизов И.И. Тактика ведения постстернотомного медиастинита у кардиохирургических пациентов. *Хирургия* 2016; 11 (2): 41–45.

REFERENCES

1. *Khubulava G.G., Shikhverdiev N.N., Vogt P.R., Marchenko S.P., Naumov A.B., Suvorov V.V., Averkin I.I.* Results of the application of the technique for elimination of sternal infection in cardiac surgery patients. *Vestnik hirurgii im. I.I. Grekova.* 2015; 174 (5): 57–60 (in Russian).
2. *Porkhanov V.A., Polyakov I.S., Kovalenko A.L., Sirota A.A.* Modern tactics of treatment of postoperative sternomediastinitis using vacuum dressings. Rany i ranevye infekcii: Materialy I Mezhdunarodnogo kongressa Moscow 2012; 277–278 (in Russian).
3. *Meszaros K., Fuehrer U., Grogg S., Sodeck G., Czerny M., Marschall J., Carrel T.* Risk Factors for Sternal Wound Infection After Open Heart Operations Vary According to Type of Operation. *Ann Thorac Surg* 2016; 101: 1418–1425.
4. *Korymasov E.A., Pushkin S. Yu., Benyan A.S., Medvedchiov-Ardia M.A.* Strategy and tactics of surgical treatment of infectious complications after sternotomy. Rany i ranevye infekcii. *Zhurnal im. prof. B.M. Kostjuchenka* 2015; 2 (4): 15–25 (in Russian).
5. *Popov D.A.* Postoperative infectious complications in cardiac surgery. *Annaly Hirurgii* 2013; 5: 15–21 (in Russian).
6. *Gardlund B., Bitkover C.Y., Vaage J.* Postoperative mediastinitis in cardiac surgery – microbiology and pathogenesis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002; 21 (5): 825–830.
7. *Epifanova N.Yu., Kulabukhov V.V., Zhao A.V.* The principles of the approach to antibiotic prophylaxis in surgery in modern conditions. *Vysokotekhnologicheskaja medicina* 2016; 3 (1): 26–39 (in Russian).
8. *Vachev A.N., Koryttsev V.K., Adysbirin E.E., Gladyshev V.V.* Differentiated approach in the treatment of patients with sternomediastinitis after cardiac surgery. *Vestnik hirurgii* 2018; 177 (2): 60–63 (in Russian).
9. *Bukharin O.V.* Persistence of pathogenic bacteria. M.: Medicine 1999; 366 (in Russian).
10. *Shaginyan I.A., Danilina G.A., Chernukba M.Yu., Alekseeva G.V., Batov A.B.* Biofilm formation by clinical strains of bacteria of the *Burkholderia cepacia* complex depending on their phenotypic and genotypic characteristics. *Zhurnal mikrobiologii* 2007; 1: 3–9 (in Russian).
11. *O'Toole G.A., Kolter R.* Flagellar and twitching motility are necessary for *P. aeruginosa* biofilm development. *Mol Microbiol* 1998; 30: 295–304.
12. *Nazarchuk A.A., Faustova M.A., Kolodiy S.A.* Microbiological characteristics of infectious complications, current aspects of their prevention and treatment in surgical patients. *Novosti hirurgii* 2019; 27 (3): 318–327.
13. *Kramer A., Pochhammer J., Walger P., Seifert U., Rubnke M., Harnoss J.C.* Erregerspektrum postoperativer Komplikationen in der Viszeralchirurgie. *Der Chirurg* 2017; 88 (5): 369–376.
14. *Kuznetsova M.V.* Characterization of the biological properties of nosocomial strains of *Pseudomonas aeruginosa*. *Permskij medicinskij zhurnal* 2014; 31 (3): 59–64 (in Russian).
15. *Walsh E.E., Greene L., Kirshner R.* Sustained reduction in methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* wound infections after cardiothoracic surgery. *Arch Intern Med* 2011; 171 (1): 68–73.
16. *Gorbunov V.A., Dzhordzhikia R.K., Mukharyamov M.N., Vagizov I.I.* Management tactics of post-sternotomy mediastinitis in cardiac surgery patients. *Hirurgija* 2016; 11 (2): 41–45 (in Russian).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Материал поступил в редакцию 21.09.2020