

DOI: 10/31082/1728-452X-2019-199-1-27-31

УДК 616.71-002.2-085:615.33

## МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АНТИБАКТЕРИАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ПРОТИВОМИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ

Б.Е. ТУЛЕУБАЕВ, <http://orcid.org/0000-0002-9640-2463>,  
 Д.А. САГИНОВА, <http://orcid.org/0000-0001-9551-5354>,  
 Э.Р. ТАШМЕТОВ, <http://orcid.org/0000-0002-2614-4710>,  
 А.А. КОШАНОВА, <http://orcid.org/0000-0001-8620-2196>,  
 М.Г. АРУТЮНЯН, <https://orcid.org/0000-0001-7881-3034>

Карагандинский государственный медицинский университет, г. Караганда, Республика Казахстан



Туллубаев Б.Е.

В настоящее время наблюдается растущая тенденция к использованию антибиотиков для местного применения при лечении хронического остеомиелита, несмотря на это данные о термической стабильности данных препаратов являются недостаточными.

**Цель данного исследования.** Изучение антибактериальной активности ципрофлоксацина, цефтриаксона, гентамицина, ванкомицина после воздействия высокой температуры.

**Материал и методы.** Подготовленные растворы антибиотиков ципрофлоксацина, гентамицина, цефтриаксона, ванкомицина были разделены на три группы, в зависимости от времени температурного воздействия (40, 80, 100). Контрольная группа этих же антибиотиков выдерживалась при комнатной температуре. Образцы со всех групп помещались в чашки Петри с культурой *Staphylococcus aureus* и инкубировали 24 часа при температуре 37°C. Оценка результатов проводилась измерением зоны ингибирования роста микроорганизмов.

**Результаты и обсуждение.** По результатам проведенного исследования антибактериальная активность ципрофлоксацина, после нагревания на водяной бане при температуре воды 40°C, снизилась на 10%, гентамицина на 18,6%, цефтриаксона на 58%, ванкомицина на 36,3%. После автоклавирования при 80°C произошло значительное угнетение противомикробных свойств антибиотиков: ципрофлоксацина на 85,1%, гентамицина на 71,5%, цефтриаксона на 90%, а в среде с ванкомицином был сплошной рост культуры *S. aureus*. При 100°C зоны лизиса вокруг антибиотиков не наблюдались ни в одной чашке Петри.

**Выводы.** Антимикробная активность гентамицина показала более высокую термическую стабильность по сравнению с ципрофлоксацином, цефтриаксоном, ванкомицином после воздействия высокой температуры. Термостойкость антибиотиков следует предварительно рассматривать при планировании исследований.

**Ключевые слова:** остеомиелит, локальный транспорт антибиотиков, термостабильность антибиотиков, *Staphylococcus aureus*.

**Для цитирования:** Тулеубаев Б.Е., Сагинова Д.А., Ташметов Э.Р., Кошанова А.А., Арутюнян М.Г. Микробиологическая оценка воздействия высокой температуры на антибактериальную активность противомикробных препаратов // Медицина (Алматы). – 2019. – №1 (199). – С. 27-31

### Т Ж Ы Р Ы М

#### МИКРОБТАРҒА ҚАРСЫ ПРЕПАРАТТАРДЫҢ АНТИБАКТЕРИАЛДЫ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРА ӘСЕРІН МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Б.Е. ТӨЛЕУБАЕВ, <http://orcid.org/0000-0002-9640-2463>,  
 Д.А. САҒЫНОВА, <http://orcid.org/0000-0001-9551-5354>,  
 Э.Р. ТАШМЕТОВ, <http://orcid.org/0000-0002-2614-4710>,  
 А.А. ҚОШАНОВА, <http://orcid.org/0000-0001-8620-2196>,  
 М.Г. АРУТЮНЯН, <https://orcid.org/0000-0001-7881-3034>

Қарағанды мемлекеттік медицина университеті, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы

Қазіргі кезде созылмалы остеомиелиттің емінде антибиотиктерді жергілікті қолданудың үлесі артуда. Осыған қарамастан бұл препараттардың термиялық тұрақтылығы жайлы мәліметтер жеткіліксіз болып табылады.

**Зерттеудің мақсаты.** Жоғары температураның әсерінен кейін ципрофлоксациннің, цефтриаксонның, гентамициннің, ванкомициннің антибактериалды белсенділігін анықтау зерттеудің мақсаты болып табылады.

**Материал және әдістері.** Ципрофлоксацин, гентамицин, цефтриаксон, ванкомицин антибиотиктерінің дайындалған ерітінділері жоғары температура әсерінің уақытына байланысты (40,80,100)

**Контакты:** Тулеубаев Берик Еркебуланович, д-р мед. наук, профессор кафедры хирургических болезней № 2, Карагандинский государственный медицинский университет, г. Караганда, ул. Гоголя, 40, индекс 100008. E-mail: [tuleubaev@kgmu.kz](mailto:tuleubaev@kgmu.kz)

**Contacts:** Berik Ye Tuleubaev, Doctor of Medical Sciences, Professor of Department of Surgical Diseases No. 2 of Karaganda State Medical University, Karaganda c., Gogol str., 40, index 100008. E-mail: [tuleubaev@kgmu.kz](mailto:tuleubaev@kgmu.kz)

Поступила 09.01.2019

үш топқа бөлінді. Осы антибиотиктердің бақылау тобы бөлме температурасында сақталды. Барлық топтардан алынған үлгілер Петри табақшасына *Staphylococcus aureus* қоздырғышымен салынып, 24 сағат 37°C температурасында инкубацияланды. Микроағзалар өсуінің тежелу аймағын өлшеу арқылы нәтижелер бағаланды.

**Нәтижелері және талқылауы.** Жүргізілген зерттеудің нәтижелеріне сәйкес су моншасында 40°C дейін суды қыздырған соң ципрофлоксациннің антибактериалды белсенділігі 10%-ға, гентамициндікі 18,6 %-ға, цефтриаксондікі 58 %-ға, ванкомициндікі на 36,3%-ға төмендеді. 80°C температурасында автоклавта қыздырған соң антибиотиктердің микробтарға қарсы әсері айтарлықтай төмендеді, ципрофлоксациндікі 85,1%-ға, гентамициндікі 71,5%-ға, цефтриаксондікі 90%-ға, ал ванкомицин қосылған ортада *S. aureus* қоздырғышы толық өсіп кеткен. 100°C температурасында Петри табақшаларындағы антибиотиктер аймағында лизис аймағы мүлдем болмаған.

**Қорытынды.** Жоғары температура әсерінен кейін ципрофлоксацин, цефтриаксон, ванкомицинмен салыстырғанда гентамициннің антимикробтық белсенділігі жоғары термиялық тұрақтылық көрсетті. Зерттеуді жоспарлаған кезде антибиотиктердің термотұрақтылығын алдын ала тексерген жөн.

**Негізгі сөздер:** остеомиелит, антибиотиктердің жергілікті тасымалы, антибиотиктердің термотұрақтылығы, *Staphylococcus aureus*.

#### SUMMARY

#### MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF THE IMPACT OF HIGH TEMPERATURE EXPOSURE ON ACTIVITY OF ANTIMICROBIAL DRUGS

BYe TULEUBAEV, <http://orcid.org/0000-0002-9640-2463>,  
DA SAGINOVA, <http://orcid.org/0000-0001-9551-5354>,  
ER TASHMETOV, <http://orcid.org/0000-0002-2614-4710>,  
AA KOSHANOVA, <http://orcid.org/0000-0001-8620-2196>,  
MG ARUTYUNYAN, <https://orcid.org/0000-0001-7881-3034>

*Karaganda State Medical University, Karagandy c., Republic of Kazakhstan*

Currently, there is a growing trend towards the use of antibiotics in the treatment of chronic osteomyelitis, despite this, the data on the thermal stability of these drugs are insufficient.

**The purpose of this study** was to investigate the antibacterial activity of ciprofloxacin, ceftriaxone, gentamicin, vancomycin after high temperature exposure.

**Material and methods.** The prepared solutions of antibiotics ciprofloxacin, gentamicin, ceftriaxone, vancomycin were divided into three groups, depending on exposed temperatures (40, 80, 100). The control groups were the same antibiotics maintained at room temperature. All samples were placed in Petri dishes with *Staphylococcus aureus* and incubated for 24 hours at 37°C. The evaluation was carried out by measuring the zone of inhibition of microorganisms.

**Results and discussions.** According to the results, the antibacterial activity of ciprofloxacin after heating in a water bath at temperature of 40°C decreased by 10%, gentamicin by 18.6%, ceftriaxone 58%, and vancomycin by 36.3%. After autoclaving at 80°C, there was a significant inhibition of the antimicrobial properties of all antibiotics, ciprofloxacin by 85.1%, gentamicin by 71.5%, ceftriaxone by 90%, vancomycin was totally inactivated. At 100°C, the zone of inhibition around antibiotics were not observed in all Petri dishes.

**Conclusion.** The antimicrobial activity of gentamicin showed a higher thermal stability compared with ciprofloxacin, ceftriaxone, vancomycin after high temperature exposure. Heat resistance of antibiotics should be pre-considered when planning research.

**Keywords:** osteomyelitis, local application of antibiotics, thermal stability of antibiotics, *Staphylococcus aureus*.

**For reference:** Tuleubaev BYe, Saginova DA, Tashmetov ER, Koshanova AA, Arutyunyan MG. Microbiological evaluation of the impact of high temperature exposure on activity of antimicrobial drugs. *Meditsina (Almaty) = Medicine (Almaty)*. 2019;1(199):27-31 (In Russ.). DOI: 10.31082/1728-452X-199-1-27-31

**В** настоящее время наблюдается растущая тенденция к использованию антибиотиков для местного применения при лечении хронического остеомиелита [1, 2]. Локальная доставка антибиотиков противомикробного действия позволяет достичь высокой концентрации лекарственного средства в желаемом месте, при этом снижаются системное воздействие и токсичность [1, 3]. Однако, идеальный противомикробный агент должен обладать следующими характеристиками: широкий антимикробный спектр; остеотропность; химическая совме-

стимость и адекватность высвобождения из выбранного носителя; соответствующая растворимость; отсутствие побочного и токсического действия; низкий риск гиперчувствительности.

Термическая стабильность является ключевым фактором в определении пригодности антибиотика для местного применения, так как она должна не только противостоять любому теплу, образующемуся в процессе импрегнации носителя, но и быть стабильной при температуре тела в течение всего периода высвобождения внутри пациента [4, 5]. Несмотря

на растущее использование локального транспорта противомикробных препаратов, данные, касающиеся термической стабильности в таких условиях, являются неполными, недостаточными или даже полностью отсутствуют.

**Цель данного исследования** – изучение антибактериальной активности ципрофлоксацина, цефтриаксона, гентамицина, ванкомицина после воздействия высокой температуры.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на кафедре микробиологии Карагандинского государственного медицинского университета. Растворы антимикробных препаратов ципрофлоксацина 2 мг/мл, цефтриаксона 200 мг/мл, гентамицина 40 мг/мл и ванкомицина 200 мг/мл разводили в два раза в деионизированной воде. Подготовленные растворы были разделены на три одинаковые группы. Первая группа выдерживалась при 40°C в течение 30 мин в водяной бане, вторая и третья группы подвергались воздействию 80 и 100°C в течение 30 мин в стерилизаторе горячего воздуха, соответственно. В качестве контрольной группы использовались растворы тех же антибиотиков, выдержанные при комнатной температуре.

Все отобранные образцы помещались в предварительно подготовленные лунки диаметром 3 мм в чашках Петри (диаметром 9 см) с культурой *Staphylococcus aureus* ATTC 1518. Пригодность штамма *Staphylococcus aureus* ATTC 1518 оценена путем определения минимальной подавляющей концентрации (МПК) с каждым из антибиотиков. Чашки инкубировались при температуре 37°C в течение 24 часов.

Оценка результатов проводилась измерением зоны ингибирования роста микроорганизмов от края лунок через 24 часа.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA) и программным пакетом STATISTICA 8.0 (StatSoft, USA). Описание каждого критерия проводилось с помощью метода описательной статистики. Для каждого количественного показателя рассчитывалась средняя арифметическая (M), медиана (Me), квартили (Q25; Q75). Для сравнений различий использовался непараметрический критерий Mann-Whitney для независимых групп и для T-критерий Уилкоксона для зависимых групп. Статистически значимыми считались результаты со значением  $p < 0,05$ .

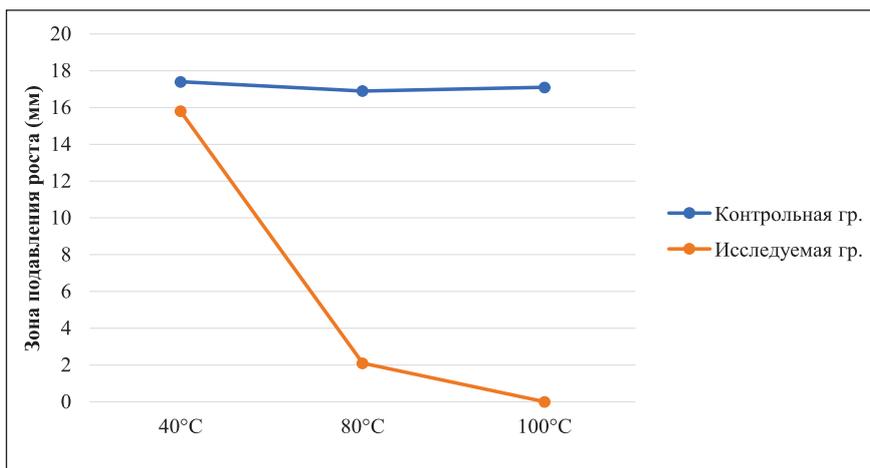


Рисунок 1 - Оценка антибактериальной активности ципрофлоксацина после нагревания до 40°C, 80°C и 100°C

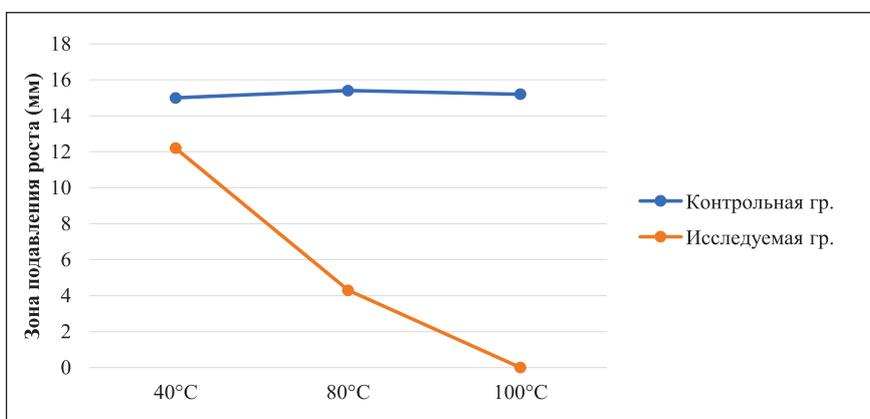


Рисунок 2 - Оценка антибактериальной активности гентамицина после нагревания до 40°C, 80°C и 100°C

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам проведенного исследования антибактериальная активность ципрофлоксацина после нагревания на водяной бане при температуре воды 40°C снизилась на 10% по сравнению с группой контроля ( $p > 0,05$ ), так диаметр зоны подавления роста микроорганизмов составлял 15,8 мм (15,7; 15,9) в исследуемой и 17,4 мм (16,9; 17,7) в контрольной группе (рис. 1). Нагревание раствора ципрофлоксацина в автоклаве при температуре 80°C привело к статистически значимому снижению его активности на 85,1% по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ), 2,1 мм (0; 4,5) и 16,5 мм (15,4; 17,4) соответственно. А при нагревании в том же автоклаве при 100°C антибактериальные свойства ципрофлоксацина полностью инактивируются.

Рисунок 2 отражает зависимость антибактериальной активности гентамицина против *Staphylococcus aureus* от температуры. После выдержки раствора гентамицина при 40°C зона лизиса составила 12,2 мм (11,5; 12,9), в то время как для контрольной – 15 мм (14,8; 15,2). Таким образом нагревание привело к снижению антибактериальной активности на 18,6% ( $p < 0,05$ ).

Однако, после автоклавирования того же раствора антибиотика при температуре 80°C отмечалось снижение

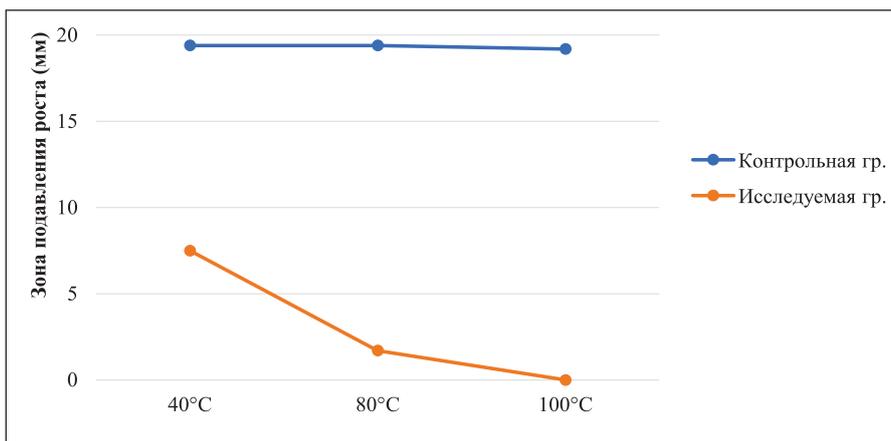


Рисунок 3 - Оценка антибактериальной активности цефтриаксона после нагревания до 40°C, 80°C и 100°C

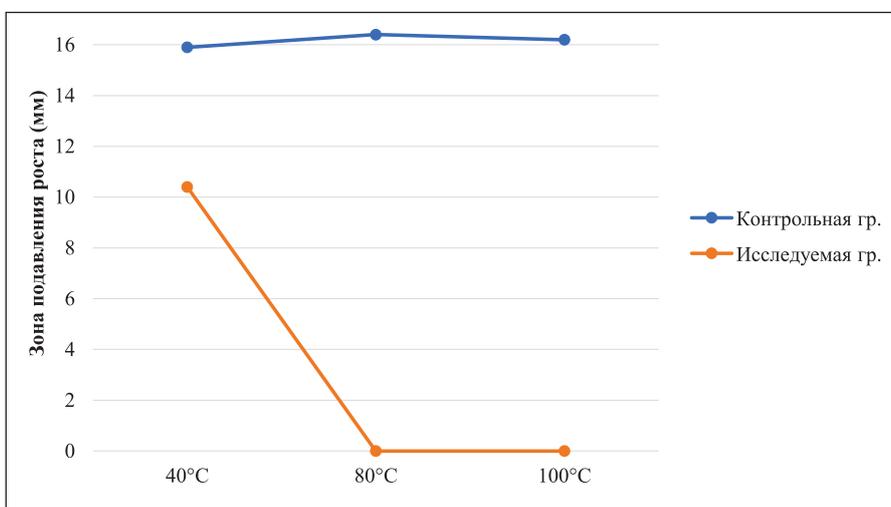


Рисунок 4 - Оценка антибактериальной активности ванкомицина после нагревания до 40°C, 80°C и 100°C

антимикробной активности на 71,5% и составило 15,4 мм. (15,2;15,6) для контрольной и 4,3 мм (4,2;4,5) для исследуемой групп. При 100°C активности антибиотика не наблюдалось, хотя в 2 чашках Петри были видны незначительные участки лизиса вокруг антибиотика.

Из рисунка 3 видно, что противомикробная активность цефтриаксона при 40°C снижается до 42% по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ), о чем свидетельствует разница в диаметре зоны подавления роста 7,5 мм (6,4;9,3) и 19,4 мм (19,1;19,7) соответственно. Диаметр подавления роста после выдержки в автоклаве при 80°C составил 1,7 мм (0,4;3,3), а для контрольной 19,4 мм (19,2;19,6) ( $p < 0,05$ ). Так же, как было показано с двумя предыдущими антибактериальными препаратами, при температуре 100°C активность цефтриаксона угнетается полностью.

Согласно рисунку 4, после нагревания раствора ванкомицина на водяной бане при 40°C зона подавления роста микроорганизмов составила 10,4 мм (9,8;10,7) по сравнению с контрольной группой 15,9 мм (15,8;16,0). Таким образом, наблюдалось снижение антибактериальной активности на 36,3% ( $p < 0,05$ ). Однако, при температуре 80°C в

чашках Петри зоны подавления роста *S. aureus* вокруг луночек с ванкомицином было не замечено, что, возможно, связано с полной инактивацией антибактериальных свойств антибиотика. После автоклавирования при 100°C антибактериальной активности против *S. aureus* тоже не было обнаружено.

По литературным данным три из четырех выбранных нами антибактериальных препаратов для исследования являются термостабильными (ципрофлоксацин, гентамицин, ванкомицин) и только цефтриаксон является термолабильным антибиотиком [4]. По результатам нашего эксперимента термические свойства цефтриаксона полностью подтвердились. Что касается цiproфлоксацина и гентамицина, то при 40°C антибактериальная активность первого была достоверно выше, чем второго ( $p < 0,05$ ), но при 80°C гентамицин был более активным ( $p < 0,05$ ), что подтверждалось измерением диаметра зоны подавления роста *S. aureus*. Ванкомицин, который в настоящее время является «золотым стандартом» при лечении метилрезистентных форм *S. aureus* (MRSA), показал достаточно высокую антибактериальную активность после его обработки при 40°C, но был деактивирован при 80°C и 100°C

[6]. Эти данные показывают низкую термическую стабильность ванкомицина при длительном воздействии, что следует учитывать при использовании его в качестве антибиотика для локального транспорта в различных материалах для лечения ортопедических инфекций, например, с костным цементом.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования показали, что воздействие температуры значительно снижает активность антибиотиков в отношении возбудителей. Однако их термостойкость отличается в разных группах. Антимикробная активность гентамицина после воздействия высокой температуры оказалась в 1,5-2 раза выше по сравнению с цiproфлоксацином, цефтриаксоном, ванкомицином после воздействия высокой температуры. Полученные данные говорят о необходимости предварительно перед планированием исследования учитывать термостойкость антибиотиков.

## Прозрачность исследования

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авто-

ры несут полную ответственность за предоставление окончательной версии рукописи в печать.

**Декларация о финансовых и других взаимоотношениях**

Все авторы принимали участие в разработке концепции статьи и написании рукописи. Окончательная версия

рукописи была одобрена всеми авторами. Авторы не получили гонорар за статью.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 El-Husseini M., Patel S., MacFarlane R.J., Haddad F.S. Biodegradable antibiotic delivery systems // *Journal Bone Joint Surgery*. – 2011. – Vol. 93-B, No. 2. – P. 151-157
- 2 Hanssen A. D. Local antibiotic delivery vehicles in the treatment of musculoskeletal infection // *Clinical Orthopaedics Related Research*. – 2005. – Vol. 437. – P. 91-96
- 3 Nandi S. K., Munkeherjee P., Ray S., Kundu B., De D.K., Basu D. Local antibiotic delivery systems for the treatment of osteomyelitis. – A review // *Materials Science and Engineering*. – 2009. – Vol. 29, No. 8. – P. 2478-2485
- 4 Walter H. T., Birgit L. Heat stability of the antimicrobial activity of sixty-two antibacterial agents // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. – 1995. – Vol. 35. – P. 149-154
- 5 Samara E., Moriarty T. F., Decosterd L. A., Richards R. G., Gautier E., Wahl P. Antibiotic stability over six weeks in aqueous solution at body temperature with and without heat treatment that mimics the curing of bone cement // *Bone Joint Research*. – 2017. – Vol. 6. – P. 296-306
- 6 Ozaki T., Yoshitaka T., Kunisada T., Danura T., Naito N., Inoue H. Vancomycin impregnated polymethylmethacrylate beads for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) infection: report of two cases // *Journal Orthopaedic Science*. – 1998. – Vol. 3, No. 3. – P. 163-168

**REFERENCES**

- 1 El-Husseini M, Patel S, MacFarlane RJ, Haddad FS. Biodegradable antibiotic delivery systems. *Journal Bone Joint Surgery*. 2011;93-B(2):151-7
- 2 Hanssen AD. Local antibiotic delivery vehicles in the treatment of musculoskeletal infection. *Clinical Orthopaedics Related Research*. 2005;437:91-6
- 3 Nandi SK, Munkeherjee P, Ray S, Kundu B, De DK, Basu D. Local antibiotic delivery systems for the treatment of osteomyelitis. – A review. *Materials Science and Engineering*. 2009;29(8):2478-85
- 4 Walter HT, Birgit L. Heat stability of the antimicrobial activity of sixty-two antibacterial agents. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*. 1995;35:149-54
- 5 Samara E, Moriarty TF, Decosterd LA, Richards RG, Gautier E, Wahl P. Antibiotic stability over six weeks in aqueous solution at body temperature with and without heat treatment that mimics the curing of bone cement. *Bone Joint Research*. 2017;6:296-306
- 6 Ozaki T, Yoshitaka T, Kunisada T, Danura T, Naito N, Inoue H. Vancomycin impregnated polymethylmethacrylate beads for methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) infection: report of two cases. *Journal Orthopaedic Science*. 1998;3(3):163-8