

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf109713>

Профилактика осложнений после хирургического лечения переломов костей лицевого черепа

А.В. Демьянова¹, М.А. Амхадова², Е.В. Иванова², В.И. Демьянов¹, И.С. Амхадов²¹ Одинцовская районная больница № 2, Перхушково, Московская обл., Российская Федерация² Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

В современном обществе при высоких темпах развития индустриализации и одновременно при снижении уровня жизни отмечено повышение частоты встречаемости челюстно-лицевой травмы (ЧЛТ), которая сейчас составляет от 6 до 16% общего числа травм. Кроме того, ЧЛТ представляет собой проблему общественного здравоохранения в связи с её высокой распространённостью и потребностью в ресурсах для её лечения, а также финансовым и социальным воздействием жертв ЧЛТ на систему здравоохранения. Остеосинтез костей лицевого скелета титановыми минипластинами и винтами — эффективный способ лечения переломов костей лицевого черепа. Согласно данным изученных литературных источников, исследователи продолжают поиск наиболее инертных материалов для хирургического проведения остеосинтеза. Изучают образцы различных материалов, адгезионную способность основных возбудителей гнойно-воспалительных заболеваний, инертность, токсичность и другие показатели. Однако исследования немногочисленны, и отсутствуют убедительные доказательства в пользу какого-либо материала. При этом применение титановых минипластин и винтов, покрытых карбидом кремния ионно-плазменным напылением, целесообразно для профилактики развития послеоперационных осложнений и является методом выбора при лечении инфицированных переломов костей лицевого скелета.

Ключевые слова: титановые пластины; микробная адгезия; ионно-плазменное покрытие; карбид кремния; осложнения остеосинтеза; обзор.

Как цитировать:

Демьянова А.В., Амхадова М.А., Иванова Е.В., Демьянов В.И., Амхадов И.С. Профилактика осложнений после хирургического лечения переломов костей лицевого черепа // Российский медицинский журнал. 2022. Т. 28, № 4. С. 315–320. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf109713>

Рукопись получена: 09.07.2022

Рукопись одобрена: 25.08.2022

Опубликована: 30.08.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf109713>

Prevention of complications after the surgical treatment of the facial fractures

Anastasia V. Demyanova¹, Malkan A. Amkhadova², Elena V. Ivanova²,
Vladimir I. Demyanov¹, Islam S. Amkhadov²

¹ Odintsovo District Hospital No. 2, Perkhushkovo, Moscow Region, Russia

² Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute, Moscow, Russia

ABSTRACT

In modern society, with a high rate of industrialization and, at the same time, a decrease in the standard of living, an increase in maxillofacial injury (MFI) has been noted, ranging from 6 to 16% of the total number of injuries. In addition, MFI is a public health problem due to its high prevalence and the need for resources to treat it, as well as the financial and social impact of MFI victims on the health care system. Osteosynthesis of the bones of the facial skeleton with titanium miniplates and screws is an effective way to treat fractures of the bones of the facial skull. According to the studied literature sources, researchers continue to search for the most inert materials for surgical osteosynthesis. Samples of various materials are examined for the adhesive ability of the main pathogens of purulent-inflammatory diseases, inertness, toxicity and other indicators. But studies are few and there is no conclusive evidence in favor of either material. However, the use of titanium miniplates and screws coated with silicon carbide is advisable for the prevention of postoperative complications. The use of titanium miniplates and screws coated with silicon carbide is the method of choice in the treatment of infected fractures of the bones of the facial skeleton.

Keywords: titanium plates; microbial adhesion; ion-plasma coating; silicon carbide; osteosynthesis complications; review.

To cite this article:

Demyanova AV, Amkhadova MA, Ivanova EV, Demyanov VI, Amkhadov IS. Prevention of complications after the surgical treatment of the facial fractures. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal (Medical Journal of the Russian Federation, Russian Journal)*. 2022;28(4):315–320. DOI: <https://doi.org/10.17816/medjrf109713>

Received: 09.07.2022

Accepted: 25.08.2022

Published: 30.08.2022

АКТУАЛЬНОСТЬ

Челюстно-лицевая травма (ЧЛТ) представляет собой проблему общественного здравоохранения в связи с её высокой распространённостью и потребностью в ресурсах для её лечения, а также финансовым и социальным воздействием жертв ЧЛТ на систему здравоохранения. По данным А.Г. Шаргородского и Н.М. Стефанцова [1], за последние десятилетия отмечается значительный рост числа повреждений костей лицевого скелета у населения. Помимо увеличения числа повреждений костей лицевого черепа изменилась и сама структура травм челюстно-лицевой области: наблюдается тенденция к росту числа множественных сочетанных переломов [2].

Инфекционно-воспалительные осложнения после хирургического вмешательства — иначе инфекции, ассоциированные с оказанием медицинской помощи (Healthcare Associated Infections — HAIS) — по различным данным, составляют 15–20% всех нозокомиальных инфекций, из которых 30–80% развиваются после выписки из стационара [3–5]. Для профилактики вторичного инфицирования в послеоперационном периоде применяют антибактериальную терапию, однако она не может полностью обеспечить предупреждение послеоперационных осложнений, поскольку антибиотики действуют только на микрофлору, исключая влияние местных и общих факторов на процессы заживления раны [4–7].

Так, одной из причин развития осложнений являются негативные реакции на границе «пластина–кость», где интерфазный слой определяет оптимальные процессы регенерации костной ткани. Для предупреждения влияния местных факторов на развитие вторичного инфицирования ведётся поиск биологически активных и инертных материалов как альтернативы стальным и титановым изделиям [6, 8, 9].

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ

В настоящее время наиболее частым оперативным вмешательством при ЧЛТ является остеосинтез минипластинами и винтами из титановых сплавов. Этот тип операций позволяет обеспечить жёсткую фиксацию отломков на необходимый срок и их полное обездвиживание. Пластины изготовлены фирмой Champu из нержавеющей стали (17,2% Cr, 14% Ni), а также существуют пластины из титановых сплавов фирм Champu, Leibinger, De Pue, Stratec/AO.

Чистый титан не применяют для изготовления костных пластин ввиду недостаточных физико-механических и прочностных свойств. Титановые сплавы 6AL4V и 6AL4V ELI — это титан с легирующими добавками 6% алюминия и 4% ванадия. Из них изготавливают пластины, спицы, штифты, применяемые для остеосинтеза, поскольку они могут выдерживать большие нагрузки [10]. Никелид титана, или нитинол — материал

с термопамятью — является сплавом, содержащим 55% никеля и 45% титана. При использовании открытых методов хирургического лечения производится скелетирование области перелома, репозиция и фиксация костей.

По данным Г.А. Оноприенко [10], стабильный остеосинтез, обеспечивающий оптимальные условия для репаративного остеогенеза, стал доминирующим в современной системе лечения костных повреждений. Общепринятые приспособления (изделия) для формирования костно-фиброзно-хрящевой мозоли являются отражением характера репаративного процесса в любых условиях, в том числе и неблагоприятных [11]. Однако следует отметить, что хирургическое вмешательство усугубляет риск вторичного инфицирования раны в послеоперационном периоде. В настоящее время объём осложнений в послеоперационном периоде значителен [12]. Помимо инфекционных осложнений, следует выделить такое нежелательное явление, как развитие металлоза и гальванических эффектов у лиц, у которых имеется сочетание разных марок стали и/или титана в пластине и крепёжных элементах [13].

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ

Для профилактики осложнений после хирургического лечения травмы лицевого скелета исследователи пошли по пути создания защитных плёнок на титан и применения биорезорбируемых пластин и винтов. Однако следует отметить, что эти исследования немногочисленны. С. Scott и соавт. [14] сравнивали хирургическую осуществимость, функциональный результат и стабильность фиксации между обычной минипластиной и трёхмерной пластиной при лечении односторонних подмышечковых переломов нижней челюсти у взрослых. Проведено проспективное рандомизированное клиническое исследование, результатом которого стало бесспорное преимущество использования трёхмерной пластины, обеспечивающей превосходную стабильность фрагментов перелома и меньшее смещение сломанных сегментов. Дополнительным преимуществом служит простота адаптации и более короткое время работы.

М. Dorri и соавт. [15] в своём обзоре показывают, что в настоящее время отсутствуют опубликованные рандомизированные контролируемые клинические испытания рассасывающихся пластин при переломах. В настоящее время недостаточно доказательств в пользу эффективности резорбируемых систем фиксации по сравнению с обычными титановыми системами при переломах костей лица. Выводы этого обзора, основанные на результатах прерванных испытаний, не предполагают, что резорбируемые пластины так же эффективны, как титановые. Вероятно, в будущем, результаты продолжающихся клинических испытаний могут предоставить надёжные доказательства высокого уровня, которые помогут клиницистам и пациентам принимать решения.

М.В. Berger и соавт. [16] продемонстрировали, что дизайн поверхности материала может влиять на остеогенез и иммунные реакции *in vitro*. Поверхностные модификации могут быть созданы с помощью различных методов на двумерных поверхностях, но данные литературы поддерживают гипотезу о том, что те поверхности, на которых проявляются признаки остеокластного рассасывания костных тканей — углубления, шероховатости и сложные иерархические структуры на субмикронном и наноуровне — более эффективны в поддержке дифференцировки остеобластов *in vitro* и остеогенеза *in vivo*. Растущее использование передового производства для производства имплантатов со сложной трёхмерной структурой может потребовать разработки новых способов создания этих биомиметических топографий поверхности.

Изучение покрытия из SiC (карбида кремния) показало, что этот материал возможно наносить на различные поверхности (акриловые пластмассы, тантал). Высокий модуль упругости в сочетании с механической прочностью и устойчивостью к истиранию и растворению делает покрытие из SiC перспективными для применения в ортопедической стоматологии. Биосовместимость покрытий из SiC доказана исследованиями *in vitro* на клеточных линиях и моделях органов и сред организма, а также в экспериментальных исследованиях с привлечением лабораторных животных. Таким образом, исследования дали обоснование развитию клинических исследований и разработке эффективных подходов использования SiC в медицине и околomedических науках [17, 18]. Имеются сведения об использовании технологии в неврологии, кардиологии подобных плёнок из SiC [19].

Возможность инвазии бактерий и дальнейшего их роста внутри костной ткани и окружающих её структур является одним из ключевых факторов развития гнойно-воспалительных осложнений в послеоперационном периоде. Известно, чем меньше микроорганизмы способны к адгезии и колонизации материала имплантата, тем меньше вероятность развития периимплантита. Внутрикостная часть имплантата практически не способна контактировать с микробной экологической средой организма. Контакт с бактериями возможен, главным образом, в момент установки имплантата. Наличие статистически значимых различий между процентными показателями остаточной адгезии штаммов облигатно-анаэробных бактерий к титановому сплаву с защитным покрытием доказывает целесообразность применения покрытия, нанесённого методом ионно-плазменного напыления, для профилактики осложнений [20].

Одним из вариантов решения проблемы постхирургических осложнений можно считать использование

ионно-плазменного покрытия минипластин и винтов. Экспериментальные данные А.В. Демьяновой продемонстрировали статистически обоснованные результаты по снижению частоты развития и степени выраженности осложнений среди пациентов с травмами нижней челюсти. В группе с использованием стандартных наборов для челюстно-лицевой хирургии минипластины и винты и свёрла, покрытые ионно-плазменным покрытием, и костная ткань оставалась интактными. У пациентов контрольной группы наблюдали признаки выраженного воспаления. Воспалительный процесс распространялся вдоль сосудов и характеризовался наличием продуктивного гнойного воспаления. При гистологическом исследовании выявлялась выраженная клеточная пролиферация, характеризующаяся наличием полиморфно-клеточных инфильтратов и деструктивных очагов с гнойным экссудатом [20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты микробиологических, клинических, гистологических и статистических исследований дают возможность рекомендовать практикующему врачу применение внеочагового остеосинтеза титановыми минипластинами и винтами с покрытием из карбида кремния при лечении ЧЛТ. Особенно это актуально в случаях с высоким риском развития послеоперационных осложнений, при лечении инфицированных переломов костей лицевого черепа с наличием воспаления в области перелома и при позднем обращении больных, а также при выполнении симультанного оперативного вмешательства при вскрытии остеогенных очагов воспаления и остеосинтеза отломков кости либо выполнении его в кратчайшие сроки после вскрытия гнойного очага в случае невозможности проведения одномоментного остеосинтеза.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

Источник финансирования. Не указан.

Funding source. Not specified.

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

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Author contribution. All authors made a significant contribution to the preparation of the article, read and approved the final version before publication.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шаргородский А.Г., Стефанцов Н.М. Повреждения мягких тканей и костей лица: Учеб. пособие для студентов стоматол. фак. вузов, врачей-интернов и клин. ординаторов. М.: ВУНМЦ, 2000.
2. Derde L.P., Dautzenberg M.J., Bonten M.J. Chlorhexidine body washing to control antimicrobial-resistant bacteria in intensive care units: a systematic review // *Intensive Care Med.* 2012. Vol. 38, N 6. P. 931–939. doi: 10.1007/s00134-012-2542-z
3. Ефимов Ю.В. Переломы нижней челюсти и их осложнения: дис. ... докт. мед. наук. М., 2004. Режим доступа: <https://www.dissercat.com/content/perelomy-nizhnei-chelyusti-i-ikh-oslozhneniya>. Дата обращения: 28.08.2022.
4. Тимербулатов Ш.В., Гарипов Р.М., Тимербулатов М.В., и др. Профилактика инфекционных осложнений в хирургии. Часть I // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2017. Т. 12, № 5. С. 145–152.
5. Тимербулатов Ш.В., Гарипов Р.М., Тимербулатов М.В., и др. Профилактика инфекционных осложнений в хирургии. Часть II // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2018. Т. 13, № 3. С. 111–123.
6. Карлов А.В., Хлусов И.А. Зависимость процессов репаративного остеогенеза от поверхностных свойств имплантатов для остеосинтеза // *Гений ортопедии*. 2003. № 3. С. 46–51.
7. Кузьмин И.И., Ахтянов И.Ф. Профилактика инфекционных осложнений при эндопротезировании тазобедренного сустава // *Гений ортопедии*. 2001. № 3. С. 105–110.
8. Воронов И.А. Разработка, научное обоснование и внедрение в практику покрытия нанокридом кремния зубных и зубочелюстных протезов: дис. ... докт. мед. наук. М., 2016. Режим доступа: <http://www.dslib.net/stomatologia/razrabotka-nauchnoe-obosnovanie-i-vnedrenie-v-praktiku-pokrytiya-nanokarbidom.html>. Дата обращения: 28.08.2022.
9. Cunningham B.W., Orbegoso C.M., Dmitriev A.E., et al. The effect of spinal instrumentation particulate wear debris: an in vivo rabbit model and applied clinical study of retrieved instrumentation cases // *Spine J.* 2003. Vol. 3, N 1. P. 19–32. doi: 10.1016/s1529-9430(02)00443-6
10. Оноприенко Г.А., Волошин В.П. Современные концепции процессов физиологического и репаративного остеогенеза // *Альманах клинической медицины*. 2017. Т. 45, № 2. С. 79–93.
11. Петровская Т.С., Шахов В.П., Верещагин В.И., Игнатов В.П. Биоматериалы и имплантаты для травматологии и ортопедии: монография / под ред. Т.С. Петровской. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. Режим доступа: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-3370/>. Дата обращения: 18.08.2022.
12. Артюхов И.П., Горбач Н.А., Левенец А.А., и др. Совершенствование специализированной медицинской помощи пациентам с челюстно-лицевой травмой // *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2018. Т. 26, № 5. С. 333–337.
13. Артюшкевич А.С. Динамика регионарного кровообращения и остеогенеза при оперативном лечении переломов нижней челюсти // *Современная стоматология*. 2015. Т. 60, № 1. С. 69–75.
14. Scott C., Ramakrishnan K., Vivek N., et al. Three-Dimensional Plate Offer Better Outcome and Reduce the Surgical Time Following Open Reduction and Internal Fixation of Adult Mandibular Unilateral Subcondylar Fractures. A Randomized Clinical Study Randomized Controlled Trial // *J Oral Maxillofac Surg.* 2021. Vol. 79, N 6. P. 1330. e11330.e12. doi: 10.1016/j.joms.2020.12.023
15. Dorri M., Nasser M., Oliver M.R. Resorbable versus titanium plates for facial fractures (Review) // *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(1):CD007158. doi: 10.1002/14651858.CD007158.pub2
16. Berger M.B., Slosar P., Schwartz Z. A Review of Biomimetic Topographies and Their Role in Promoting Bone Formation and Osseointegration: Implications for Clinical Use // *Biomimetics (Basel)*. 2022. Vol. 7, N 2. P. 46. doi: 10.3390/biomimetics7020046
17. Hsu J.-M., Tathireddy P., Rieth L., et al. Characterization of a-SiC(x):H thin films as an encapsulation material for integrated silicon based neural interface devices // *Thin Solid Films*. 2007. Vol. 516, N 1. P. 34–41. doi: 10.1016/j.tsf.2007.04.050
18. Yakimova R., Petoral R. Jr, Yazdi G., et al. Surface functionalization and biomedical applications based on SiC // *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2007. Vol. 40, N 20. P. 6435–6442.
19. Monnick S.H., van Boven A.J., Peels H.O., et al. Silicon-carbide coated coronary stents have low platelet and leukocyte adhesion during platelet activation // *J Investig Med.* 1999. Vol. 47, N 6. P. 304–310.
20. Demianova A.V., Mitrofanov E.A., Simakin S.B., Sipkin A.M. Analysis of ion-plasma technology application in medical products proceedings to be used for maxillofacial surgery (Review) // *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng.* 2020. Vol. 781, N 012015. doi: 10.1088/1757-899X/781/1/012015

REFERENCES

1. Shargorodskii AG, Stefanov NM. *Povrezhdeniya myagkikh tkanei i kostei litsa: Ucheb. posobie dlya studentov stomatol. fak. vuzov, vrachei-internov i klin. ordinatorov*. Moscow: VUNMTs; 2000. (In Russ).
2. Derde LP, Dautzenberg MJ, Bonten MJ. Chlorhexidine body washing to control antimicrobial-resistant bacteria in intensive care units: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2012;38(6):931–939. doi: 10.1007/s00134-012-2542-z
3. Efimov YuV. *Perelomy nizhnei chelyusti i ikh oslozhneniya* [dissertation]. Moscow; 2004. Available from: <https://www.dissercat.com/content/perelomy-nizhnei-chelyusti-i-ikh-oslozhneniya>. Accessed: 28.08.2022. (In Russ).
4. Timerbulatov ShV, Garipov RM, Timerbulatov MV, et al. Profilaktika infektsionnykh oslozhnenii v khirurgii. Chast' I. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*. 2017;12(5):145–152. (In Russ).
5. Timerbulatov ShV, Garipov RM, Timerbulatov MV, et al. Profilaktika infektsionnykh oslozhnenii v khirurgii. Chast' II. *Meditsinskii vestnik Bashkortostana*. 2018;13(3):111–123. (In Russ).
6. Karlov AV, Khlusov IA. Zavisimost' protsessov reparatornogo osteogeneza ot poverkhnostnykh svoistv implantatov dlya osteosinteza. *Genij ortopedii*. 2003;3:46–51. (In Russ).
7. Kuz'min II, Akhtyanov IF. Profilaktika infektsionnykh oslozhnenii pri endoprotezirovanii tazobedrennogo sustava. *Genij ortopedii*. 2001;3:105–110. (In Russ).

8. Voronov IA. *Razrabotka, nauchnoe obosnovanie i vnedrenie v praktiku pokrytiya nanokarbidom kremniya zubnykh i zuboche-lyustnykh protezov* [dissertation]. Moscow; 2016. Available from: <http://www.dslib.net/stomatologia/razrabotka-nauchnoe-obosnovanie-i-vnedrenie-v-praktiku-pokrytiya-nanokarbidom.html>. Accessed: 28.08.2022. (In Russ).
9. Cunningham BW, Orbegoso CM, Dmitriev AE, et al. The effect of spinal instrumentation particulate wear debris: an in vivo rabbit model and applied clinical study of retrieved instrumentation cases. *Spine J*. 2003;3(1):19–32. doi: 10.1016/s1529-9430(02)00443-6
10. Onoprienko GA, Voloshin VP. Sovremennye kontseptsii protsessov fiziologicheskogo i reparativnogo osteogeneza. *Almanac of Clinical Medicine*. 2017;45(2):79–93. (In Russ).
11. Petrovskaya TS, Shakhov VP, Vereshchagin VI, Ignatov VP. *Biomaterialy i implantaty dlya travmatologii i ortopedii: monografiya*. Petrovskaya TS, editor. Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta; 2011. Available from: <https://elib.tomsk.ru/purl/1-3370/>. Accessed: 18.08.2022. (In Russ).
12. Artyukhov IP, Gorbach NA, Levenets AA, et al. Sovershenstvo-vanie spetsializirovannoi meditsinskoi pomoshchi patsientam s che-lyustno-litsevoi travmoi. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2018;26(5):333–337. (In Russ).
13. Artyushkevich AS. Dinamika regionarnogo krovoobrashcheniya i osteogeneza pri operativnom lechenii perelomov nizhnei chelyusti. *Sovremennaya stomatologiya*. 2015;60(1):69–75. (In Russ).

ОБ АВТОРАХ

***Иванова Елена Владимировна**, д.м.н., доцент;
адрес: Россия, 129110, Москва, ул. Щепкина, д. 61/2, корп. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6330-6942>;
eLibrary SPIN: 5569-7339;
e-mail: 77712022@mail.ru

Демьянова Анастасия Владимировна, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-0497>;
e-mail: nastazzy@mail.ru

Амхадова Малкан Абдрашидовна, д.м.н., профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9105-0796>;
eLibrary SPIN: 3018-7883;
e-mail: amkhadova@mail.ru

Демьянов Владимир Иванович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3711-4573>;
e-mail: vldemyanov@mail.ru

Амхадов Ислам Султанович, к.м.н.;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2973-8351>;
e-mail: islam_amhadov@list.ru

14. Scott C, Ramakrishnan K, Vivek N, et al. Three-Dimensional Plate Offer Better Outcome and Reduce the Surgical Time Following Open Reduction and Internal Fixation of Adult Mandibular Unilateral Subcondylar Fractures. A Randomized Clinical Study Randomized Controlled Trial. *J Oral Maxillofac Surg*. 2021;79(6):1330.e11330.e12. doi: 10.1016/j.joms.2020.12.023
15. Dorri M, Nasser M, Oliver MR. Resorbable versus titanium plates for facial fractures (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2009;(1):CD007158. doi: 10.1002/14651858.CD007158.pub2
16. Berger MB, Slosar P, Schwartz Z. A Review of Biomimetic Topographies and Their Role in Promoting Bone Formation and Os-seointegration: Implications for Clinical Use. *Biomimetics (Basel)*. 2022;7(2):46. doi: 10.3390/biomimetics7020046
17. Hsu J-M, Tathireddy P, Rieth L, et al. Characterization of a-SiC (x):H thin films as an encapsulation material for integrated silicon based neural interface devices. *Thin Solid Films*. 2007;516(1):34–41. doi: 10.1016/j.tsf.2007.04.050
18. Yakimova R, Petoral R Jr, Yazdi G, et al. Surface functionaliza-tion and biomedical applications based on SiC. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2007;540(20):6435–6442.
19. Monnick SH, van Boven AJ, Peels HO, et al. Silicon-carbide coa-ted coronary stents have low platelet and leukocyte adhesion during platelet activation. *J Invest Med*. 1999;47(6):304–310.
20. Demianova AV, Mitrofanov EA, Simakin SB, Sipkin AM. Analysis of ion-plasma technology application in medical products proceed-ings to be used for maxillofacial surgery (Review). *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 2020;781(012015). doi: 10.1088/1757-899X/781/1/012015

AUTHORS INFO

***Elena V. Ivanova**, MD, Dr. Sci. (Med), Associate Professor;
address: 61/2 Shchepkina Str., 129110, Moscow, Russia;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6330-6942>;
eLibrary SPIN: 5569-7339;
e-mail: 77712022@mail.ru

Anastasia V. Demyanova, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8836-0497>;
e-mail: nastazzy@mail.ru

Malkhan A. Amkhadova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9105-0796>;
eLibrary SPIN: 3018-7883;
e-mail: amkhadova@mail.ru

Vladimir I. Demyanov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3711-4573>;
e-mail: vldemyanov@mail.ru

Islam S. Amkhadov, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2973-8351>;
e-mail: islam_amhadov@list.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author