

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.794

**ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ ТИТАНОВЫХ ИМПЛАНТАТОВ
НА РЕАКЦИЮ СО СТОРОНЫ КОСТНОЙ ТКАНИ**

С.К. ЛАЗАРУК, О.В. КУПРЕЕВА, Д.В. ИСАЕВ*, Ф.А. ГОРБАЧЕВ*, А.С. ЛАСТОВКА*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь***Белорусский государственный медицинский университет
Дзержинского, Минск, 83220116, Беларусь**Поступила в редакцию 30 июня 2015*

Исследовано влияние состояния поверхности крепежных на костных титановых пластин и шурупов на рост костной ткани на их поверхностях в процессе хирургического лечения переломов нижней челюсти человека и установлено, что рост костной ткани на развитой микроструктурированной поверхности происходит с большей интенсивностью по сравнению с гладкой поверхностью. Предложены методы обработки титановой поверхности с целью управления процессом регенерации костной ткани на титановых конструкциях, используемых в процессе хирургического лечения.

Ключевые слова: оксид титана, продуктивная реакция костной ткани, титановые на костные пластины.

Введение

Влияние поверхности титановых конструкций, используемых при хирургическом лечении повреждений костей человека, на ответную реакцию со стороны костной ткани активно исследуется последние 10 лет [1–3]. Следует отметить, что в некоторых случаях в процессе хирургического лечения с использованием титановых крепежных элементов требуется максимальная интеграция их с костной тканью, в других – наоборот, эта реакция является нежелательной. В частности, когда титановые пластины и шурупы используются для временной фиксации отломившихся костных фрагментов и впоследствии подлежат удалению, то продуктивная реакция костной ткани на титановой поверхности должна быть минимизирована. Часто хирурги сталкиваются с техническими сложностями при удалении данных конструкций за счет «зарастания» их костной тканью, т.е. происходит «наплыв» костной ткани на временно установленные крепежные элементы. Удаление таких конструкций всегда сопряжено с дополнительной операционной травмой костной ткани и увеличением времени проведения операции. В работе проведено исследование рельефа поверхности титановых конструкций, используемых для временной фиксации костных фрагментов при переломах нижней челюсти, и влияния состояния поверхностей этих конструкций на процесс нежелательного интегрирования этих конструкций с костной тканью. Проведено обсуждение возможных применений уникальных электрофизических свойств наноструктурированного оксида титана для решения различных проблем в медицине.

Методика эксперимента

В проведенных экспериментах использовали и анализировали титановые на костные пластины и крепежные шурупы производителя ЗАО «Струм» Республика Беларусь – рис. 1, а, используемые при хирургическом лечении переломов нижней челюсти человека (рис. 1, б).



a



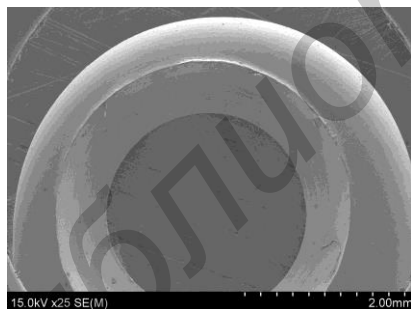
б

Рис. 1. Титановые конструкции, применяемые при хирургическом лечении переломов нижней челюсти человека: *a* – титановая пластина и крепежные шурупы; *б* – рентгеновский снимок нижней челюсти пациента после проведенного остеосинтеза

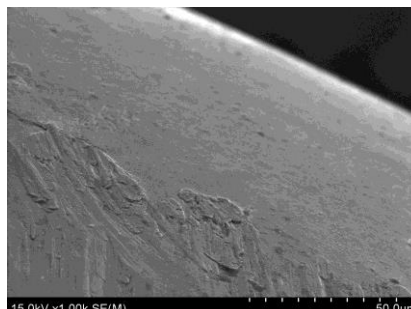
Структуру поверхности титана до и после хирургического лечения исследовали при помощи оптической и электронной микроскопии (оптический микроскоп Планар 100-М, электронный микроскоп Hitachi JSM-6700).

Результаты и их обсуждение

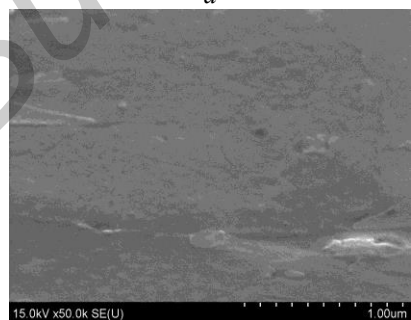
На рис. 2 представлены фотографии различных участков поверхности исходной титановой пластины с крепежным отверстием. На ней можно выделить две области – внутренняя поверхность крепежного отверстия и область за пределами крепежного отверстия, отличающиеся своей структурой. Очевидно, что поверхность титана за пределами отверстия гладкая, в то время как внутри отверстия поверхность рельефная. Это подтверждают фотографии участков исследуемой поверхности при большом (50000-кратном – рис. 2, *з*) увеличении. Это различие в структуре поверхности связано с тем, что при изготовлении титановых наконечных пластин внешние участки поверхности подвергаются полировке, обеспечивающей сглаживание поверхности, в то время как поверхность внутри крепежных отверстий не подвергается полировке из-за сложности доступа к таким участкам. Аналогичная ситуация имеет место на поверхности крепежных шурупов, где внутренние участки расположены в глубине области резьбы.



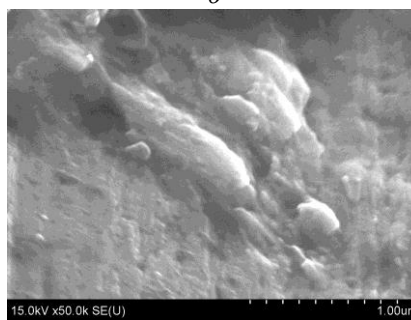
a



б



в



з

Рис. 2. Внешний вид поверхности титановых наконечных пластин: *a* – общий вид; *б* – участок на границе раздела гладкой и развитой поверхности; *в* – гладкий участок (высокое разрешение электронной микроскопии); *з* – развитая поверхность внутри крепежных отверстий

На рис. 3 представлены фотографии поверхности наkostных пластин и крепежных шурупов после их использования для фиксации костей при хирургической операции нижней челюсти человека. На них видно, что внутри крепежного отверстия на рельефной поверхности титана происходит рост костной ткани (рис. 3, *a*). Аналогичное явление наблюдается на поверхности крепежных шурупов (рис. 3, *б*). Таким образом, можно сделать вывод, что рельефная поверхность титана в сравнении с гладкой способствует большей интеграции с костной тканью, что согласуется с результатами исследований, выполненных ранее [4–6].

При временной фиксации костных фрагментов при переломе нижней челюсти требуется уменьшение интеграции костной ткани на поверхности наkostных пластин и шурупов. В связи с этим необходимо проводить сглаживание поверхности внутри отверстий в поддерживающих титановых пластинах и по резьбе крепежных шурупов. Так как доступ к указанной поверхности при механической обработке ограничен, целесообразно использовать для этих целей электрохимическую полировку, которая лишена указанного недостатка.

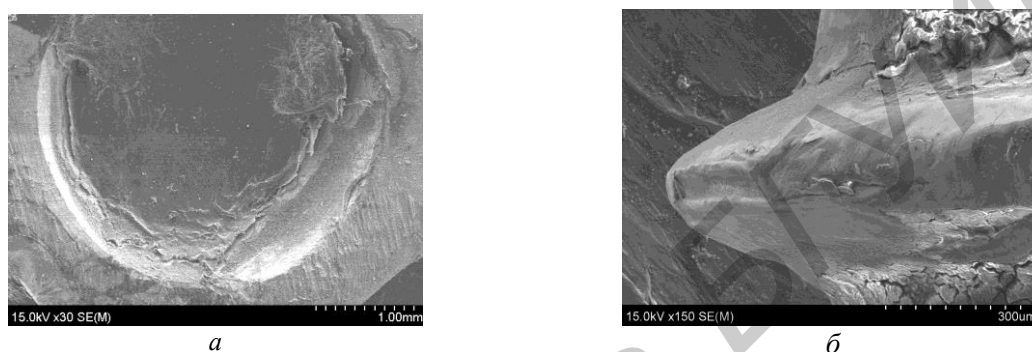


Рис. 3. Внешний вид поверхности наkostных пластин и крепежных шурупов после их использования для фиксации костей при хирургической операции нижней челюсти: *a* – наkostная пластина (область крепежного отверстия); *б* – поверхность крепежного шурупа

На рис. 4 представлены фотографии поверхности костной ткани, покрывающей титановую пластину. Исследование при помощи электронной микроскопии показывает, что такая поверхность имеет как микроструктуру, так и наноструктуру с минимальными размерами до 100 нм. Из этого следует актуальность проведения исследований по влиянию наноструктурированной поверхности титана на процесс регенерации костной ткани при хирургическом лечении. В частности, особый интерес представляет определение роли размеров наноструктур на поверхности титановых элементов на регенерацию костной ткани. Также важно исследовать влияние формы поверхности на это явление, так как морфология поверхности наноструктурированного оксида титана может быть кораллообразной, столбиковой, трубчатой [7–9].

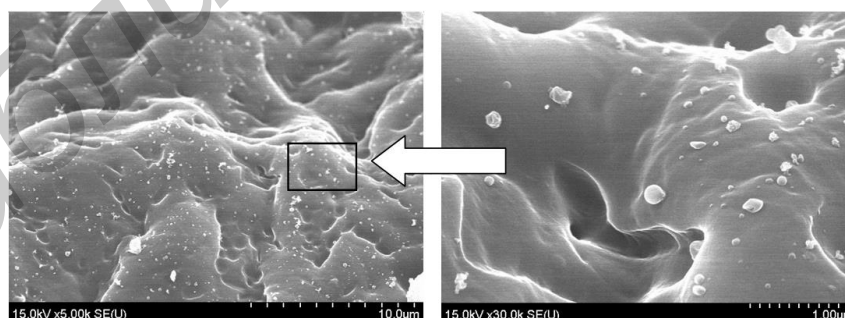


Рис. 4. Внешний вид костной ткани, наростшей на поверхности наkostной пластины при различном увеличении

Кроме того было показано, что отрицательный потенциал на поверхности наноструктурированного оксида титана ускоряет регенерацию костной ткани [10]. А ультрафиолетовое экспонирование наноструктурированного оксида титана вызывает фотокаталитическую генерацию синглетного кислорода, способного убивать раковые клетки [10]. Следует отметить, что в зарубежной научной периодике этим исследованиям уделяется достаточно много внимания, причем исследования проводятся как на титане, так и на других материалах.

Заклучение

Применение методов электрохимической обработки поверхности титановых пластин дает возможность управлять рельефом поверхности, что позволит применять такие пластины при лечении переломов костей в зависимости от конкретной ситуации, требующей либо минимизировать, либо ускорить процесс регенеративного роста костной ткани.

Авторы выражают признательность компании «Белмикрoанализ» за электронную микроскопию образцов и профессору В.Е. Борисенко за полезное обсуждение полученных результатов.

INFLUENCE OF SURFACE STRUCTURE OF TITANIUM IMPLANTS ON THE RESPONSE FROM THE BONE TISSUE

S.K. LAZAROUK, O.V. KUPREEVA, D.V. ISAEV, F.A. GORBACHEU, A.S. LASTOVKA

Abstract

The growth of bone tissue on titanium plates and mounting screws during surgical treatment of mandibular fractures was studied. The growth of bone tissue was more intensive on the developed surface in comparison with a polished surface. The methods of electrochemical treatment of titanium surface in order to control the regeneration process of bone tissue on the titanium constructions used during surgery were proposed.

Keywords: titanium dioxide, bone tissue productive response, titanium extramedullary plates.

Список литературы

1. Guizzardi S., Galli C., Martini D. et al. // J. Periodontol. 2004. Vol. 75. P. 73–82.
2. Keller J.C., Schneider G.B., Stanford C.M. et al. // Implant Dent. 2003. Vol. 12. P. 175–181.
3. Boyan B.D., Lossdörfer S., Wang L. et al. // Eur Cell Mater. 2003. Vol. 6. P. 22–27.
4. Schwartz Z., Raz P., Zhao G. et al. // J Bone Joint Surg Am. 2008. Vol. 90 (11). P. 2485–2498.
5. Fan Z., Jia S., Su J.S. // Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2010. Vol. 45(8). P. 466–470.
6. Jäger M., Zilkens C., Zanger K. et al. // J Biomed Biotechnol. 2007. Vol. 2007(8). P. 69036.
7. Lazarouk S.K., Sasinovich D.A., Kupreeva O.V. et al. // Thin Solid Films. 2012. Vol. 526. P. 41–46.
8. Liang K., Tay B. K., Kupreeva O.V. et al. // ACS Sustainable Chem. Eng. 2014. Vol. 2, № 3. P. 991–995.
9. Купреева О.В., Сасинович Д.А., Ореховская Т.И. и др. // Матер. 23-й Междунар. Крымской конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». Севастополь, Украина, 8–13 сентября 2013 г. С. 814–815.
10. Kulkarni M., Mazare A., Gongadze E. et al. // Nanotechnology. 2015. Vol. 26. P. 062002.