

УДК 57.089.67: 616-77: 616.314

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИМПЛАНТАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ШЕРОХОВАТОЙ И ГЛАДКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В КОСТНУЮ ТКАНЬ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Майборodin И.В., Тодер М.С., Шевела А.И., Разумахина М.С., Шевела А.А.,
Патрушев А.Ю., Рагимова Т.М., Кузнецова И.В.

*Центр новых медицинских технологий Института химической биологии и фундаментальной
медицины СО РАН, Новосибирск, e-mail: imai@mail.ru*

В проксимальный мышелок большеберцовой кости беспородных кроликов внедрили винтовые металлические импланты с шероховатой (ADiN Touareg, Израиль) или гладкой полированной (3S, Израиль) поверхностью. Методом световой микроскопии сравнивали состояние окружающих тканей через 2 и 6 месяцев после имплантации. Во всех случаях оба типа имплантов плотно прилегли к костной ткани, края которой имели незначительные рубцовые изменения. В структурах костного мозга инородные тела отграничивались от организма различными типами соединительной ткани. Признаки воспаления и формирования слившихся многоядерных макрофагов не были найдены ни в одном случае. Однако в некоторых наблюдениях в тканях рядом с обоими типами имплантов были обнаружены частицы металла. Существенные гистологические различия костной ткани после внедрения имплантов с шероховатой или полированной поверхностью отсутствуют. Также нет выраженных отличий между состоянием окружающих тканей через 2 и 6 месяцев после внедрения каждого изделия.

Ключевые слова: внутрикостная имплантация металлов, отграничение инородных тел, фрагменты металла в тканях

THE MORPHOLOGICAL RESULTS OF METALLIC IMPLANT INTRODUCTION WITH VARIOUS CHARACTER OF THE SURFACE IN RABBIT BONE TISSUE

Mayborodin I.V., Toder M.S., Shevela A.I., Razumakhina M.S., Shevela A.A.,
Patrushev A.Y., Ragimova T.M., Kusnetsova I.V.

*The Center of New Medical Technologies, Institute of Chemical Biology and Fundamental Medicine,
The Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Novosibirsk, e-mail: imai@mail.ru*

In a tibial proximal condyle of not purebred rabbits introduced screw metal implants with rough (ADiN Touareg, Israel) or smooth polished (3S, Israel) surface. The condition of surrounding tissues in 2 and 6 months after implantation was compared by method of light microscopy. In all cases both types of implants densely adjoined to the bone tissue which edges had minor cicatricial changes. The foreign bodies in bone marrow structures were delimited from an organism by various types of connective tissue. Signs of an inflammation and formation of the giant cells of foreign bodies weren't found in one case. However in some supervision in foreign bodies near both types of implants the metal particles were found. Essential histologic distinctions of bone tissue after introduction of implants with the rough or polished surface are absent. Also there are no expressed differences between a condition of surrounding tissues in 2 and 6 months after introduction of each product.

Keywords: Implantation of metals intra bone, isolation of foreign bodies, metal fragments in tissues

Изучение реакций организма на различные искусственные материалы имеет большое значение в связи с созданием эндопротезов в травматологии и ортопедии, восстановительной медицине и стоматологии. Исследования последних лет показали, что ткани биологических систем, в том числе и ткани человеческого организма, обладают специфическими свойствами: способны не разрушаться при значительных деформациях в условиях многократных нагрузок и вибраций и восстанавливать исходную форму после устранения нагрузки, проявляя высокие эластичные свойства. Совместимость живых и неживых тканей предполагает отсутствие перегрузок и макросдвигов на поверхности раздела имплант – ткань организма. В связи с этим достаточно много имплантов изготавливают из металлов, широкое применение которых обусловлено их прочностью, жесткостью, коррозионной и износостойкостью [1].

Требования биомеханической совместимости и фиксации импланта в тканях организма могут быть удовлетворительно решены, если использовать материалы с шероховатой поверхностью, к которой способна прочно прикрепляться живая ткань. При этом создаются два способа связей между имплантом и живой тканью: механическое сцепление в результате образования (проращения) ткани в порах импланта и химическое соединение за счет взаимодействия ткани с компонентами элементного состава импланта. Вид материала и характер поверхности влияют на реакции, протекающие на границе раздела живая ткань – имплант [1, 2].

В связи с вышеизложенным была определена **цель исследования:** сравнить изменения тканей после имплантации в кость металлических изделий с шероховатой или гладкой поверхностью.

Материалы и методы исследования

В проксимальный мышечек большеберцовой кости 10 беспородных кроликов имплантировали металлические изделия ADiN Touareg (Израиль) – шероховатый дентальный имплант с обработанной поверхностью (пескоструйной обработкой и протравленной кислотой); и 3S (Израиль) – с гладкой полированной поверхностью для бикортикальной дентальной имплантации. Оба изделия уже в течение нескольких лет применяют в клинических условиях.

Все манипуляции с животными не были связаны с причинением им боли и проведены с соблюдением «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приказ МЗ СССР № 755 от 12 августа 1977 г.; Приказ Министерства высшего и среднего специального образования СССР № 742 от 13 ноября 1984 г.). Имплантацию проводили с соблюдением всех правил асептики и антисептики в условиях чистой операционной под общим наркозом на основе тотальной внутривенной анестезии пропофолом.

Последовательность манипуляций для внедрения имплантов:

1. По передней линии несколько ниже коленного сустава одноразовым скальпелем производили разрез кожи.
2. Тупым способом (сомкнутыми браншами зажима) раздвигали ткани до надкостницы.
3. Распатором обнажали поверхность проксимального мышечка большеберцовой кости на передне-медиальной стороне.
4. Стоматологическим бором, до ощущения «провала», делали отверстие в выбранном участке. Использовали 2 бора возрастающего диаметра.
5. В созданное отверстие вкручивали имплант сначала руками, затем ключом с динамометрической шкалой, позволяющей контролировать создаваемое усилие. Головка импланта выступала над поверхностью кости не более, чем на 1 мм.
6. Послойно викрилом 5–0 ушивали операционную рану.
7. Обрабатывали кожные швы 5% спиртовым раствором йода.

Для морфологического кроликов животных выводили из эксперимента через 2 и 6 месяцев после

операции передозировкой ингаляционного эфирного наркоза. Для последующего морфологического исследования большеберцовую кость целиком фиксировали в 4% растворе параформальдегида на фосфатном буфере не менее 1 суток и подвергали декальцинации раствором «Биодек R» (Bio Optica Milano, Италия) в течение 7 суток, который, по сравнению с кислотной декальцинацией, в меньшей степени повреждает ткани. Далее фрагменты кости дегидратировали в этаноле возрастающей концентрации, просветляли в ксилоле и заключали в пластифицированный парафин. Срезы толщиной 5–7 мкм окрашивали гематоксилином и эозином, изучали при увеличении светового микроскопа Axioimager M1 (Zeiss, Германия) до 1200 раз.

Результаты исследования и их обсуждение

На удаленных имплантах ADiN Touareg макро- и микроскопически было обнаружено множество обрывков тканей. Край проксимального мышечка большеберцовой кости, непосредственно прилегающий к импланту, при микроскопическом исследовании не имел заметных изменений. Можно отметить только наличие структур костной мозоли на некоторых участках. В костном мозге, в местах его контакта с материалом импланта, отмечено формирование тонкой полоски компактной костной ткани (рис. 1, а). Но в некоторых случаях инородное тело было отделено от структур костного мозга волокнистой соединительной тканью, ближе к металлу – плотной, далее – рыхлой. Сам костный мозг, и красный и желтый, видимых патологических изменений не имел. В самой костной ткани, непосредственно примыкающей к инородному телу, и в костном мозге присутствовали различные по размерам фрагменты металла без воспалительной реакции вокруг (рис. 1, б).

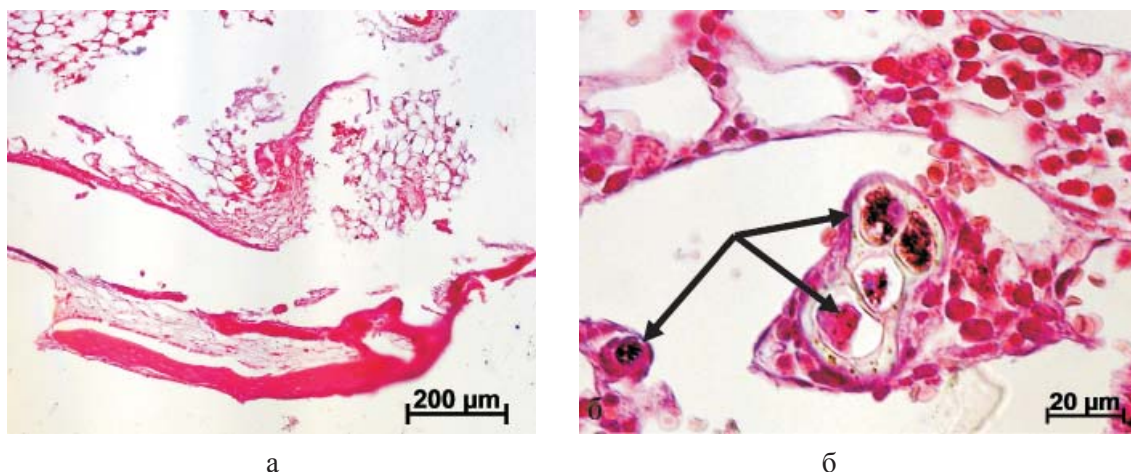


Рис. 1. Результаты внедрения в проксимальный мышечек большеберцовой кости кроликов металлических винтовых имплантов с шероховатой поверхностью. Окраска гематоксилином и эозином: а – формирование тонкой полоски компактной кости с рубцовыми изменениями в месте контакта костного мозга с материалом инородного тела спустя 2 месяца после имплантации; б – инкапсулированные частицы металла (стрелки) в красном костном мозге спустя 6 месяцев после внедрения импланта

На изделиях 3S с гладкой поверхностью остатков тканей было значительно меньше. В некоторых случаях непосредственно в ткани мышечка после внедрения инородного тела на малом увеличении светового микроскопа можно было найти четкие следы от граней винтовой резьбы импланта, края кости имели рубцовые изменения, а полости, образовавшиеся после удаления изделия, были заполнены кровью или фибрином. Следует отметить, что иногда было найдено истончение всей кости на ограниченных участках, что может быть связано с установкой именно в эти места винтовой резьбы (границ наружного диаметра винта) или с длительным давлением инородного тела на костную ткань (рис. 2, а).

В красном и желтом костном мозге, находящемся внутри кости в месте внедрения инородного тела, патологических изменений не было отмечено. По ходу импланта 3S костный мозг отграничивался волокнистой

соединительной тканью: ближе к металлу – плотной, дальше – рыхлой или тонкой плоской компактной кости. Иногда в такой соединительной ткани присутствовали геморрагии. В некоторых случаях было практически невозможно различить плотную волокнистую соединительную ткань от грубоволокнистой ткани кости. Возможно, что на некоторых участках эти типы соединительной ткани, разграничивающие инородное тело и структуры костного мозга, переходят друг в друга.

Необходимо также отметить наличие частиц металла в соединительной ткани, отграничивающей костный мозг от поверхности импланта 3S, причем металл присутствовал и рядом с рыхлой соединительной тканью и рядом с грубоволокнистой, сходной с костью. Но число таких металлических фрагментов и их размеры были значительно меньше, чем после внедрения изделия с шероховатой поверхностью (рис. 2, б).

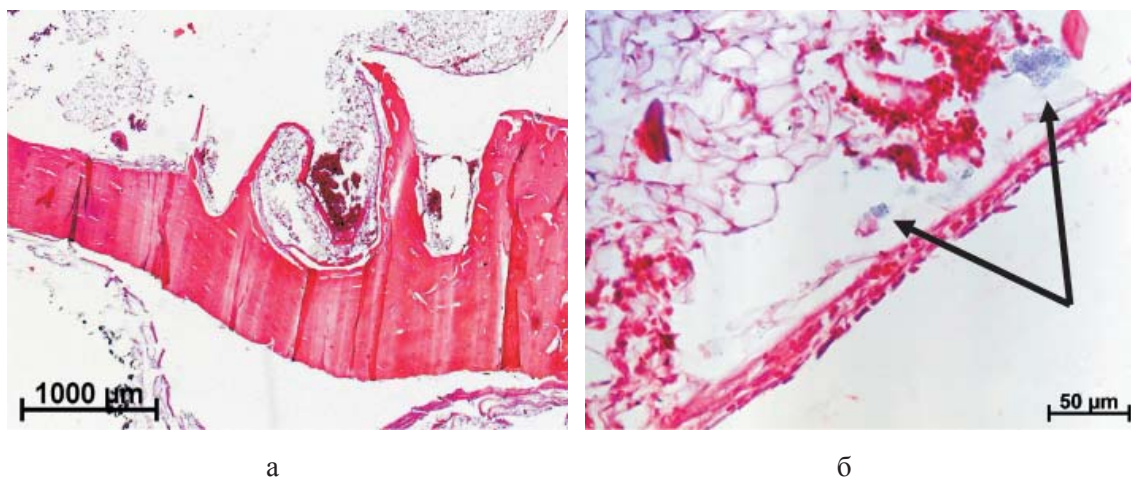


Рис. 2. Результаты имплантации в костную ткань кроликов винтовых имплантов из гладкого полированного металла:

а – в костной ткани через 6 месяцев после внедрения импланта присутствуют следы от граней его винтовой резьбы. Полости, образовавшиеся после извлечения инородного тела, заполнены фибрином или форменными элементами крови. Окраска гематоксилином и эозином; б – плотная волокнистая соединительная ткань с геморрагиями и частицы металла (стрелки) в костном мозге в области инородного тела спустя 2 месяца после хирургического вмешательства. Окраска гематоксилином и эозином

Из-за шероховатой поверхности имплантов ADiN Touareg к ним прочно присоединяются окружающие ткани, врастают в поры, и при выкручивании таких изделий происходит значительная травматизация тканей вокруг места имплантации. Гладкие полированные импланты 3S имеют меньшую площадь контакта с тканями организма, они фиксируются за счет бикортикальной имплантации, при удалении легко выкручиваются и не разрывают окружающие ткани. В связи с этим на удаленных имплантах ADiN Touareg присут-

ствовало множество обрывков тканей, а на изделиях 3S с гладкой поверхностью тканевых фрагментов практически не было.

Уменьшение толщины кости на ограниченных участках в месте контакта с гранями резьбы имплантов, наиболее вероятно, обусловлено сначала атрофическими процессами, а затем – реорганизацией костной ткани. В литературе имеются многочисленные сообщения об атрофических и даже некротических изменениях тканей, контактирующих с инородными телами [2, 6, 8, 9].

Любое инородное тело отграничивается от организма соединительнотканной капсулой и это является нормальной тканевой реакцией [3–5]. Наиболее вероятно, что вследствие именно этого произошло обнаруженное отграничение имплантов от структур костного мозга различными типами волокнистой соединительной ткани: ближе к металлу – плотной, дальше – рыхлой. Иногда там формировалась даже тонкая полоска компактной кости, которая также является одним из типов соединительной ткани. Возможно, что на некоторых участках эти типы соединительной ткани, разграничивающие инородное тело и структуры костного мозга, переходят друг в друга.

В месте контакта живых тканей с имплантом происходит реакция тканей организма на инородное тело. По-видимому, импланты сразу после внедрения в кость сначала инициируют острую воспалительную реакцию вследствие операционной травмы и непосредственного взаимодействия живых тканей с твердым неэластичным неживым веществом. Постепенно острый воспалительный процесс сменяется хроническим, и по мере его затухания происходит полное сращение поверхности имплантов с костью.

При удалении изделия такие плотные соединения костной ткани с металлом разрываются и вследствие этого полости в кости (следы от граней винтовой резьбы импланта) заполняются кровью или фибрином. Из-за этой же причины присутствовали гемorragии в соединительной ткани, отграничивающей инородное тело от костного мозга.

Кроме того, так как даже прочные инородные тела разрушаются системами защиты организма, именно по границе импланта происходят процессы его деградации. Большие и малые фрагменты любых инородных тел «отрезаются» фагоцитами [3–5, 7], обволакиваются соединительной тканью, поглощаются макрофагами (гигантскими клетками инородных тел), содержащими среди прочих лизосомальных фрагментов металлопротеиназы, и транспортируются в другие органы для элиминации. С этим связано присутствие в тканях вокруг имплантов их мелких частиц. Закономерно, что частицы поверхности шероховатых изделий легче фрагментируются и отделяются от инородного тела [5].

То есть чем инертнее для организма материал импланта, тем менее выраженной на него будет реакция макрофагальной системы (и наоборот). Следовательно, отсутствие воспалительной реакции, гигантских клеток инородных тел, соединительнотканной

капсулы в окружающих тканях на все сроки исследования свидетельствуют об инертности материала изделий ADiN Touareg и 3S для живого организма, о совместимости их материалов с тканями.

Работа выполнена при поддержке и техническом обеспечении Международного центра имплантологии «iDent» (г. Новосибирск).

Заключение

Таким образом, во всех случаях импланты ADiN Touareg (с шероховатой поверхностью) и 3S (гладкий полированный) плотно прилегали к костной ткани проксимального мыщелка большеберцовой кости, края которого имели незначительные рубцовые изменения. В структурах костного мозга инородные тела отграничивались от организма различными типами соединительной ткани. Признаки воспаления и формирования слившихся многоядерных макрофагов не были найдены ни в одном случае, что свидетельствует об инертности материала указанных изделий для живого организма, о высокой совместимости подобных материалов с биологическими тканями. Однако в некоторых наблюдениях, и при имплантации шероховатого ADiN Touareg, и при внедрении полированных 3S, в тканях были обнаружены частицы металла, но после использования ADiN Touareg металл встречался чаще, а его фрагменты были большего объема. Существенные гистологические различия костной ткани после внедрения имплантов с шероховатой и полированной поверхностью отсутствуют. Также нет выраженных отличий между состоянием окружающих тканей через 2 и 6 месяцев после внедрения каждого изделия.

Список литературы

1. Гюнтер В.Э., Дамбаев Г.Ц., Сысолятин П.Г. и др. Медицинские материалы и имплантаты с памятью формы. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1998. – 487 с.
2. Майбородин И.В., Якушенко В.К., Майбородина В.И. Взаимодействие никелид-титанового имплантата с тканями человека // Архив патологии. – 2002. – Т. 64. – № 2. – С. 50–52.
3. Майбородин И.В., Шевела А.И., Матвеева В.А. и др. Морфологические изменения тканей после имплантации упругих пластинчатых инородных тел в эксперименте // Морфология. – 2012. – Т. 141. – № 2. – С. 54–60.
4. Майбородин И.В., Кузнецова И.В., Береговой Е.А. и др. Тканевые реакции при деградации имплантатов из полилактида в организме // Морфология. – 2013. – Т. 143. – № 3. – С. 59–65.
5. Майбородин И.В., Шевела А.И., Кузнецова И.В. и др. Тканевые реакции на силиконовые материалы в организме // Архив патологии. – 2013. – № 4. – С. 28–33.
6. Gabriel S.E., Woods J.E., O'Fallon W.M. et al. Complications leading to surgery after breast implantation // N. Engl. J. Med. – 1997. – Vol. 336. – № 10. – P. 677–682.

7. Greene W.B., Raso D.S., Walsh L.G. et al. Electron probe microanalysis of silicon and the role of the macrophage in proximal (capsule) and distant sites in augmentation mammoplasty patients // *Plast. Reconstr. Surg.* – 1995. – Vol. 95. – № 3. – P. 513–519.

8. Kanhai R.C., Hage J.J., Karim R.B., Mulder J.W. Exceptional presenting conditions and outcome of augmentation mammoplasty in male-to-female transsexuals // *Ann. Plast. Surg.* – 1999. – Vol. 43. – № 5. – P. 476–483.

9. Tebbetts J.B. A system for breast implant selection based on patient tissue characteristics and implant-soft tissue dynamics // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2002. – Vol. 109. – № 4. – P. 1396–1409.

References

1. Gjunter V.Je., Dambaev G.C., Sysoljatin P.G. i dr. Medicinskie materialy i implantaty s pamjat'ju formy. Tomsk: Izd-vo Tomskogo un-ta, 1998. 487 p.

2. Majborodin I.V., Jakushenko V.K., Majborodina V.I. Vzaimodejstvie nikelid-titanovogo implantata s tkanjami cheloveka // *Arhiv patologii.* 2002. T. 64. no. 2. pp. 50–52.

3. Majborodin I.V., Shevela A.I., Matveeva V.A. i dr. Morfologicheskie izmenenija tkanej posle implantacii uprugih plastinchatyh inorodnyh tel v jeksperimente // *Morfologija.* 2012. T. 141. no. 2. pp. 54–60.

4. Majborodin I.V., Kuznecova I.V., Beregovoj E.A. i dr. Tkanevye reakcii pri degradacii implantatov iz polilaktida v organizme // *Morfologija.* 2013. T. 143. no. 3. pp. 59–65.

5. Majborodin I.V., Shevela A.I., Kuznecova I.V. i dr. Tkanevye reakcii na silikonovye materialy v organizme // *Arhiv patologii.* 2013. no. 4. pp. 28–33.

6. Gabriel S.E., Woods J.E., O'Fallon W.M. et al. Complications leading to surgery after breast implantation // *N. Engl. J. Med.* 1997. Vol. 336. no. 10. pp. 677–682.

7. Greene W.B., Raso D.S., Walsh L.G. et al. Electron probe microanalysis of silicon and the role of the macrophage in proximal (capsule) and distant sites in augmentation mammoplasty patients // *Plast. Reconstr. Surg.* 1995. Vol. 95. no. 3. pp. 513–519.

8. Kanhai R.C., Hage J.J., Karim R.B., Mulder J.W. Exceptional presenting conditions and outcome of augmentation mammoplasty in male-to-female transsexuals // *Ann. Plast. Surg.* 1999. Vol. 43. no. 5. pp. 476–483.

9. Tebbetts J.B. A system for breast implant selection based on patient tissue characteristics and implant-soft tissue dynamics // *Plast. Reconstr. Surg.* 2002. Vol. 109. no. 4. pp. 1396–1409.

Рецензенты:

Склянов Ю.И., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гистологии, эмбриологии и цитологии педиатрического факультета, ГБОУ ВПО «Новосибирский государственный медицинский университет» Росздрава, г. Новосибирск;

Бгатова Н.П., д.б.н., профессор, заведующая лабораторией ультраструктурных исследований ГУ НИИ клинической и экспериментальной лимфологии СО РАМН, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 18.04.2014.