

УДК 616:615.465–089.843(048.8)

Металлы в имплантологии

В.В. Лукьянченко¹, М.Г. Малясова²

¹ ООО «Инмайстерс», Харьков. Украина

² ООО «Делмед», Харьков. Украина

Ключевые слова: ортопедия, травматология, металлические имплантаты

Процесс реконструктивно-восстановительной хирургии опорно-двигательной и челюстно-лицевой систем человека в определенной мере зависит от успехов материаловедения в области разработки так называемых «заменителей кости», так как использование собственной костной ткани больных далеко не всегда возможно. В ортопедии для остеосинтеза и замещения дефектов кости различного генеза экспериментально апробирован и используется широкий спектр материалов — от костных трансплантатов до металлов, пластических масс, различных керамик и композиционных материалов.

Изучение поведения в организме металлов и керамик давно уже имеет свою историю в Украине [1].

Огромный клинический опыт, накопленный многочисленными исследователями по применению различных конструкций из нержавеющей стали для металлоостеосинтеза, показал несовершенство ряда конструкций и нередко возникающие осложнения, связанные как с техническим несоответствием конструкций и предъявляемых к ним требованиям, так и взаимным влиянием организма на металл и металла на состояние тканей и обменных процессов в организме [2]. В свое время предпочтение было отдано титану — металлу, нашедшему широкое применение в медицине. Одним из самых ценных его свойств является коррозионная устойчивость в агрессивных средах. Совершенным по своим антикоррозионным свойствам является не только чистый титан, но и его сплавы. Такие качества титановых конструкций, как сочетание легкости, прочности и антикоррозионности позволили ему занять одно из лидирующих мест в практике ортопедии и травматологии на протяжении многих лет.

Со временем у титановых изделий были обнаружены существенные недостатки, что затруднило их более широкое использование в практической медицине. Мягкость и пластичность делают его не-

пригодным для использования в трущихся деталях, так как характеристики его износа не соответствуют современным стандартам и значительно уступают другим различным металлам и сплавам [3]. В ряде случаев на титановых изделиях обнаружена местная коррозия пятнами, коррозионно-механическое изнашивание и коррозионное растрескивание [4]. Со временем были предприняты действия по улучшению титановых изделий. Создание на поверхности титановых изделий (эндопротезы тазобедренного сустава) оксидной пленки термоводородной обработкой титановых сплавов позволило значительно увеличить твердость материала [5].

Дальнейшие поиски более совершенных имплантатов пошли по линии создания сплавов из титана. Были предложены пористый никелид титана, оксид титана и др. Никелид титана инертен в организме, имеет механические свойства, близкие к свойствам костной ткани, благодаря чему хорошо с ней адгезирует. Имплантаты из никелида титана применяют при ортопедических, кардиологических и нейрохирургических операциях. Однако и эти материалы имеют существенные недостатки. Они не резорбируются и не перестраиваются в организме [6].

В дальнейшем для использования в имплантологии были предложены изделия из керамики и керамические покрытия. Большой интерес специалистов вызвала корундовая керамика, созданная на основе оксида алюминия. Ей присущи биостабильность и биосовместимость, механическая прочность, отсутствие усталости, нетоксичность. Корундовую керамику применяли в хирургии позвоночника, конструкциях эндопротезов суставов, стоматологии. Однако не удалось избежать недостатков и при использовании корундовых керамик, к которым следует отнести высокую биоинертность, чрезмерную плотность, что нередко приводило к протрузии имплантатов в тела позвонков [7].

Микроподвижность таких имплантатов нарушала процесс остеогенеза [8]. Одним из видов керамического материала является оксид циркония. К его достоинствам относятся высокая биомеханическая совместимость с любыми костными тканями, отсутствие обменных реакций со структурами организма, безопасность применения материала, коррозионная стойкость, а также материал лишен хрупкости, традиционной для керамики и др. Применяют оксиды циркония, стабилизированные иттрием, для изготовления эндопротезов тазобедренных суставов [9] и зубных протезов [10]. Применяют изготовленные из чистого циркония изделия для имплантологии: головки эндопротеза бедренной кости, протезы коленного сустава [11]. В то же время сообщалось, что цирконий не совсем безопасный материал. Существует фактор риска применения циркония — это наличие радиоактивного излучения вследствие того, что естественные источники содержат радионуклиды [12]. В то же время недавнее исследование серийных циркониевых компонентов показывает, что тщательный выбор сырья устранил эту потенциальную проблему [13, 14].

Биоактивности и биосовместимости оказывается недостаточно для соответствия современному уровню реконструктивной хирургии, и поэтому все чаще предпочтение отдают биоактивным и биодеградационным имплантатам. Данные о достоинствах керамических изделий и покрытий в имплантологии были опубликованы в последнее время в работах ряда авторов [15, 21].

Разработаны и успешно применяются керамические материалы на основе гидроксипатита (ГА), трикальцийфосфата (ТКФ), оксида кремния (стеклокерамика) и др. Они выгодно отличаются от известных керамик тем, что могут частично или даже полностью биодеградировать в биологических тканях и замещаться собственной костной тканью. Эти материалы нашли широкое применение в ортопедии, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии. Основным недостатком их является не соответствующая требованиям механическая прочность [1]. Несмотря на большой интерес к керамическим материалам, нужно заметить, что они имеют свои ограничения как в ортопедии, так и в стоматологии. Ограничения связаны с хрупкостью керамического материала. Существует вероятность скола покрытия с поверхности металла при стерилизации, предусматривающей термическую обработку имплантатов. Это может произойти из-за напряжений, возникающих в месте контакта металла и керамики, величина которых определяется различием коэффициента линейного расширения металла и керамического покрытия.

В последнее время на рынке ортопедических продуктов появились изделия, состоящие из металлической основы, определяющей механическую прочность имплантата в целом, и нанесенной на нее биоактивной керамики (кальций-фосфатная), обеспечивающей высокую биоинтеграцию с костной тканью и обладающей остеоиндуктивными свойствами. Материалами, используемыми в качестве основы имплантата, чаще всего выступают металлы: нержавеющая сталь, титан, никель, хром, кобальт, молибден, цирконий и их сплавы [16, 21].

Высокой коррозионной стойкостью по сравнению с другими обладают такие металлы, как тантал и ниобий, принадлежащие, как и титан, к группе «вентильных» металлов из-за специфических третних свойств собственных оксидных пленок. Именно свойствами этих пленок, растущих либо произвольно, либо принудительно при анодном окислении металла, определяется высокая биоинертность тантала и ниобия.

Тантал уже был апробирован в качестве материала для стоматологических, кардиологических, ортопедических имплантатов и в других смежных областях медицины [17, 20]. Уникальное качество тантала — его высокая биологическая совместимость. На этом свойстве основано его применение в восстановительной хирургии. Пластинки из этого металла используют для пластики повреждений и дефектов черепа. Танталовой пряжей возмещают иногда потери мышечной ткани. С помощью тонких танталовых пластин скрепляют стенки брюшной полости после операции. Танталовыми скрепками надежно соединяют кровеносные сосуды. Сетки из этого металла применяют при изготовлении глазных протезов, нитями замещают сухожилия и даже сшивают нервные волокна, а изделия из пористого тантала успешно используют в эндопротезировании суставов и реконструктивной ортопедии [20].

Аналогичные исследования ведутся и с ниобием. Причем анализируется возможность использования как чистого ниобия, являющегося более легким, дешевым и технологичным металлом, чем тантал, так и в комбинации в одном изделии обоих металлов. При этом не требуется их взаимное рафинирование. Допустимость такого подхода определяется тем, что эти металлы обладают неограниченной взаимной растворимостью и являются главными примесями друг для друга. Разделение металлов требует дополнительных технологических усилий и повышает цену тантала и ниобия. Оба металла имеют очень близкие физико-химические свойства, что исключает контаминационные явления. При использовании ниобиевых порошков, припекаемых к танталовой или ниобиевой основе, технология изготовления

имплантатов с пористым покрытием значительно упрощается из-за существенного снижения температуры припекания порошка к металлу.

Тщательная очистка поверхности имплантатов из тантала и ниобия при электрохимической полировке или высокотемпературном отжиге позволяет выращивать бездефектную оксидную пленку заданной толщины на всей свободной поверхности металла, в том числе и внутри открытых пор. Высокая адгезионная прочность оксида и способность к существенным деформациям (до 50%) из-за аморфной структуры исключает вероятность ее скола с поверхности металла. Электретные свойства оксидной пленки, приобретенные в процессе ее выращивания методом анодного окисления, активизируют остеоинтеграцию и способствуют более продолжительному пребыванию имплантата в организме [14, 20].

Заключение

Анализируя роль металлов в имплантологии, взвешивая все плюсы (прочность, технологичность, доступность и т.п.) и минусы (металлоз, жесткость, относительная «надежность» соединения металл — кость) металлических имплантатов, можно сказать, что возможности их применения, с учетом бурно развивающихся различных отраслей науки и техники, еще далеко не исчерпаны, и дальнейшие исследования в этом направлении очень перспективны [19, 20].

Нет сомнений, что в ближайшее время развитие современных технологий в области материаловедения, физики высоких энергий, нано- и IP-технологий, построения 3D-моделей обязательно откроет еще множество возможностей для медицины в создании улучшенных и принципиально новых имплантатов, в конструкциях и составе которых будут использоваться как традиционные металлы (титан и его сплавы, нержавеющие стали и кобальт-хромовые сплавы), так и тантал, цирконий, ниобий, серебро и золото, а также керамики и тонкопленочные ионно-плазменные покрытия на их основе.

Литература

1. Керамопластика дефектов костей и суставов (экспериментальная апробация и клинические аспекты) [Текст] / А.А. Корж, Н.В. Дедух, С.Д. Шевченко и др. // Ортопед. травматол. — 1995. — № 1. — С. 4–10.
2. Иванов В.И. Конструкции из титановых сплавов в практике ортопедии и травматологии [Текст] / В.И. Иванов, В.В. Волкова // Ортопед. травматол. — 1976. — № 3. — С. 71–76.
3. Лоскутов А.Е. Эндопротезирование тазобедренного сустава. Состояние проблемы и тенденции его развития [Текст] / А.Е. Лоскутов, И.А. Никифоров // Ортопед. травматол. — 2002. — № 4. — С. 94–117.
4. Коррозия имплантатов из титановых сплавов как результат воздействия окружающей среды [Текст] / Р.Р. Шубкин, Р.Р. Татиатулин, В.К. Горчаковский, Е.П. Первышина // Анналы травматол. и ортопед. — 1996. — № 2. — С. 43–44.
5. Титановые сплавы в эндопротезировании тазобедренного сустава [Текст] / Н.В. Загородний, А.А. Ильин, В.Н. Карпов и др. // Вестник травматол. и ортопед. им. Н.Н. Приорова. — 2000. — № 2. — С. 73–76.
6. Richards M. et al. // Calcif. Tissue Int. — 1998. — Vol. 13. — № 1. — P. 44–51.
7. Муромцев С.Г. Возможности применения титана и его сплавов при эндопротезировании тазобедренного сустава [Текст] / С.Г. Муромцев // Гений ортопедии. — 2001. — № 2. — С. 135.
8. О перспективе применения пластин из пористого титана в области ортопедии и травматологии [Текст] / Ю.П. Литвин, О.А. Сурков, Т.Д. Мельник, И.М. Карповский // Ортопед. травматол. — 1994. — № 3–4. — С. 98.
9. Патент №2132202 (Рос. Федерац.) 6 А61 L 27/00. Металлокерамический имплантант на основе диоксида циркония [Электрон. ресурс] / Буякова С.П., Кульков С.Н., Мельников А.Г.; заявитель и патентообладатель Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. № 96118050/14; заявл. 26.08.96; опубл. 27.06.96. — (режим доступа: <http://ru-patent.info/21/30-34/2132202.html>).
10. Патент 2185125 РФ, А61С8/00. Стоматологический остеоинтегрируемый имплантат с повышенными биоинертными свойствами [Текст] / Иванов С.Ю., Ломакин М.В., Ночовная Н.А. и др.; заявители и патентообладатели Иванов С.Ю., Ломакин М.В., Ночовная Н.А. — № 2001113426/14; заявл. 21.05.2001; опубл. 20.07.2007.
11. Pat. US 005972033A USA. A61F 2/34. Hip joint prosthesis having a 22.22 mm zirconia femoral head and a 12/14 size item / J.-M. Drouin, B. Coles; assignee Norton Desmarquest Fine Ceramics; 08/919, 186; filed Aug, 28, 1997.
12. Пахалюк В.И. Биологические реакции на частицы износа, образующиеся в традиционных и альтернативных парах трения при тотальном замещении тазобедренного сустава [Текст] / В.И. Пахалюк, С.И. Калинин, Г.Д. Олиниченко // Ортопед. травматол. — 2003. — № 4. — С. 162–171.
13. Chevalior J. Yow temperature aqing bexolvior ox zirconia hip joint heads [Text] / J. Chevalior, J.M. Drouin, B. Coles // Bioceramics. — 1997. — V. 10.
14. Корж Н.А. Имплантационные материалы и остеогенез. Роль оптимизации и стимуляции в реконструкции кости [Текст] / Н.А. Корж, Л.А. Кладченко, С.В. Малышкина // Ортопед. травматол. — 2008. — № 4. — С. 5–14.
15. Филлипенко В.А. Роль материалов и биоимплантационных покрытий в развитии проблем эндопротезирования [Текст] / В.А. Филлипенко, Л.А. Кладченко, И.Б. Тимченко // Ортопед. травматол. — 1998. — № 3. — С. 47–52.
16. Карлов А.В. Остеоиндуктивные, остеокондуктивные и электрохимические свойства кальцийфосфатных покрытий на титановых имплантатах и влияние их на минеральный обмен при переломах трубчатых костей в эксперименте [Текст] / Карлов А.В. и др. // Гений ортопедии. — 1999. — № 4. — С. 28–33.
17. Bobyn D. Clinical Validation of a Structural Porous Tantalum Biomaterial for Adult Reconstruction [Text] / Dennis Bobyn, R.A. Poggie, J.J. Kryger et al. // The Journal of Bone & Joint Surgery. — 2004. — P. 123–129.
18. Библиотека химических элементов. — Кн. 2. — М.: Наука, 1983.
19. Старикова С.А. Особенности изготовления стоматологических имплантатов из тантала и ниобия [Текст] / С.А. Старикова, В.В. Стариков // Медицина сегодня и завтра. — 2000. — № 1. — С. 139–140.
20. Калита В.И. Физика и химия формирования биоинертных и биоактивных поверхностей на имплантатах. Обзор [Текст] / В.И. Калита // Физика и химия обработки материалов. — 2000. — №5. — С. 28–45.
21. Баллюзек Ф.В. Лечебное серебро и медицинские нанотехнологии [Текст] / Ф.В. Баллюзек, А.С. Куркаев, В.Я. Скворский. — СПб.: «Издательство «ДИЛЯ», 2008. — 112 с.