

УДК 616.314–089.843–77:615.465–042.2

С.А.Чертов, С.В.Стойков

## ОБЗОР СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

Запорожская медицинская академия последипломного образования

### Актуальность

Развитие стоматологической имплантологии базируется на подробном изучении взаимодействия имплантатов с окружающей тканью и методов стимуляции остеогенеза вокруг имплантатов [1, 7]. Этот процесс ведет к поиску и внедрению новых материалов, используемых в производстве дентальных имплантатов [8, 9, 11]. Одним из основных требований является биосовместимость, суть которой заключается в отсутствии негативных факторов при взаимодействии с человеческими тканями. Кроме того, такие материалы должны обладать значительной механической прочностью, что важно для обеспечения долговечности изготавливаемых медицинских изделий, и быть легко обрабатываемыми – это является важным фактором в технологии изготовления изделия, что влияет на себестоимость. Таким жестким требованиям отвечает довольно ограниченный ряд материалов, поэтому вопрос соотношения качества материала и коммерческой стоимости играет не последнюю роль в выборе системы имплантатов.

Современный стоматологический рынок Украины насыщен различными системами дентальных имплантатов из разных металлов и сплавов [14].

В настоящий момент, по данным многочисленных фундаментальных и прикладных исследований, лучшим материалом для этих целей принято считать титан. Но наряду с этим на рынке представлены дентальные имплантаты из сплавов циркония, диоксида циркония и др. материалов [11, 13, 14].

Это свидетельствует о том, что проблема выбора оптимального материала для изготовления имплантатов не решена на сегодняшний день окончательно.

**Цель исследования:** произвести анализ имеющихся на рынке Украины систем дентальных имплантатов в аспекте изучения физико-химических свойств материалов, из которых изготовлены имплантаты, и определить лучший материал для изготовления имплантатов с точки зрения соотношения механических свойств и биосовместимости.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Определить, из каких материалов изготовлены имплантаты ведущих фирм-производителей;
2. Определить химический состав и механические свойства этих материалов;

3. Проанализировать данные об их совместимости.

Материалом исследования явились литературные данные, представленные в научных статьях, методические разработки и каталоги систем дентальных имплантатов («U-Impl», «Виталплант», «Implife», «Connect», «Zircon Prior», «Alpha Dent», «MIS», «Alpha Bio», «Q-Implant», «Radix», «Straumann», «Bredent» и др.), стандарты ASTM и ISO.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для осуществления работы был проведен анализ литературных данных, каталогов и методических разработок, касающиеся 17-ти систем дентальных имплантатов. Были изучены марки материалов, из которых изготовлены имплантаты, определены их химические составы, изучены свойства элементов, входящих в их состав, и дан анализ влияния этих элементов на процесс взаимодействия имплантата с костью.

Как показали результаты работы, подавляющее большинство систем дентальных имплантатов, представленных на рынке Украины, включают в себя имплантаты и инструменты из титана (75%), небольшое количество приходится на долю имплантатов из оксида циркония (15%), имеются системы имплантатов, изготовленные из сплава металла циркония (10%). Вообще не представлены на рынке имплантаты из наноструктурного титана.

**Титан**, обладая наиболее полным сочетанием необходимых для имплантационного материала свойств, с давних пор вполне обоснованно занял приоритетные позиции в производстве стоматологических имплантатов.

Плотная поверхностная пленка диоксида титана защищает его от коррозии и препятствует переходу ионов Ti в окружающие ткани, устраняя риск развития воспалительных явлений и опухолевидного роста. Прочность и пластичность так называемого «технически чистого титана» ВТ 1–00 составляют 500 МПа и 40% соответственно, при этом у титана высокий предел выносливости, а его хорошие технические свойства позволяют применять методы литья и обработки давлением для изготовления имплантатов нужной формы.

Многочисленные клинические исследования медицинских изделий, изготовленных из технически чистого титана, показывают его высокую биосовместимость в сравнении с другими металлами и сплавами [9, 10, 12, 16, 17, 18]. Однако механическая прочность обычного чистого титана

невысокая. В связи с этим для успешного применения этого материала для медицинских изделий требуется его упрочнение за счет дополнительного легирования [10, 15]. Чаще всего с этой целью в титановые сплавы включают ванадий и алюминий. Эти элементы позволяют значительно улучшить прочностные характеристики, однако они обычно приводят к деградации биосовместимых свойств и уменьшению усталостной долговечности [14, 17]. Ионы ванадия оказывают цитотоксическое воздействие на окружающие ткани, вызывают деферментацию и отрицательно влияют на липидный обмен. Повышенное содержание ионов алюминия в имплантационных сплавах существенно снижает метаболическую активность костной ткани и замедляет минерализацию, а также может угнетать эритропоэз [14]. В связи с этим в последние годы повышенный интерес вызывает новый подход к повышению свойств металлов и сплавов, связанный с их наноструктурированием методами интенсивной пластической деформации (ИПД) [2, 5, 6].

Недавние исследования убедительно показали, что наноструктурирование технически чистого титана методами ИПД может обеспечить значительное повышение его механических свойств [3, 4]. Кроме того, наноструктурирование имеет преимущество в улучшении биологической реакции на поверхности титана [2, 3, 4].

Улучшение биологической реакции на поверхности наноструктурного титана происходит за счет изменения морфологии и состава оксидной пленки [5,

6]. При этом значительно усиливаются протеиновое взаимодействие и последующая адгезия клеток, что, в свою очередь, повышает параметры остеоинтеграции наноструктурного титана [6].

**Диоксид циркония** представляется весьма перспективным материалом для производства дентальных имплантатов ввиду высоких эстетических показателей при применении. Неметаллические (белые) имплантаты обеспечивают высокую «розовую» эстетику в области десны.

Основным сырьем для получения диоксида циркония является минерал циркон [14]. Оксид циркония получают из него путем химической обработки с помощью добавок. Различают полностью стабилизированный диоксид циркония (FSZ) и частично стабилизированный (PSZ). Данный материал обладает рядом преимуществ: хорошей биосовместимостью, прочностью этого материала соответствует естественным тканям зуба, хорошо гармонирует с цветовой гаммой зуба, что немаловажно для эстетики. Прочность на изгиб с тремя точками составляет 1250 МПа, а предел прочности при сжатии - 3400 МПа. Химический состав представлен 95%  $ZrO_2 + Y_2O_3 + Al_2O_3$  - это удерживающиеся окисью иттрия четырехугольные поликристаллы двуокиси циркония. Преимущество данного материала - его прочность и высокая эстетика, недостаток - значительные финансовые расходы в производстве из него имплантатов. Но в настоящее время имеется тенденция в снижении себестоимости имплантатов из диоксида циркония.

Таблица 1  
Системы дентальных имплантатов, представленных на рынке Украины, материалы и марки сплавов, химические элементы сплавов

Система	Материал	Марка сплава	Хим. формула	Наличие алюминия	Наличие ниобия	Наличие ванадия
U-Impl	Титан	Grade 5 ELI	Ti6Al4V	+		+
ZIRCON-PRIOR	Цирконий	КТЦ-125		+	+	
Implife	Титан	Protasul-100	Ti6Al7Nb	+	+	
Connect	Титан	Grade 5 ELI	Ti6Al4V			+
Витаплант	Титан	BT-6	Ti6Al4V	+		
	Цирконий	КТЦ-100		+		+
Leader	Титан	Grade-4	Ti5Al	+		
Alpha-Bio	Титан	Grade-5	Ti6Al4V	+		+
Q-implant	Титан	Grade-4	Ti5Al	+		
Radix	Титан	BT-6	Ti6Al4V	+		+
ITI Straumann	Титан	Grade 4	Ti5Al	+		
MIS	Титан	Grade-5	Ti6Al4V	+		+
Bredent	Титан Биокерам.	Grad 4KV brezircon	Ti5Al	+		
AB-dent	Титан	Grade-5	Ti6Al4V	+		+
DIO	Титан	Grade-4	Ti5Al	+		
Z-system	Био-керамика		ZrO2- TZR/TZR-A- Bio hip			
BPI	Титан Биокерам					
Nobel Biocare		Grade 1	Ti2Al	+		

Кроме биокерамических имплантатов из диоксида циркония, обращает на себя внимание сплав

металла циркония, в котором отсутствует ванадий, а алюминий представлен в ничтожно малом

количестве. Одновременно с низким содержанием легирующих элементов цирконий имеет должную биоинертность, прочность и хорошую коррозионную стойкость во многих агрессивных средах. Цирконий обладает способностью образовывать защитную оксидную пленку с остеокондуктивными свойствами, которая обладает высокой активностью к самопроизвольной адгезии биомолекул на своей поверхности [14]. Эти факторы делают металл цирконий конкурентоспособным материалом в производстве дентальных имплантатов.

### Выводы

Большинство систем дентальных имплантатов, представленных на рынке Украины, по своим физико-химическим свойствам отвечают современным требованиям, предъявляемым к производству имплантатов. Наряду с наиболее распространенными на рынке Украины титановыми имплантатами, представлены имплантаты, изготовленные из диоксида циркония, что в значительной мере расширяет возможности имплантолога при проведении эстетического протезирования. Однако высокая стоимость имплантатов на рынке ограничивает применение данных имплантатов.

Титановые имплантаты представлены марками, соответствующими стандартам ASTM и ISO. Во многих марках титана с целью легирования использован элемент ванадий, о токсических свойствах которого известно из литературных источников [2, 3, 4, 6, 7]. Поэтому предпочтение в выборе имплантатов следует отдавать тем сплавам титана, в которых ванадий заменен на безопасный ниобий, например, «Protasul-100».

Особый интерес представляют сплавы из металла циркония (КТЦ-100 и КТЦ-125), в которых ниобий также является основным легирующим элементом, а железо представлено в ничтожно малом количестве. Однако данный материал для изготовления дентальных имплантатов используется недавно и нуждается в дальнейших клинических исследованиях.

Перспективным в производстве дентальных имплантатов представляется применение наноструктурного титана, который, надо отметить, на отечественном рынке полностью отсутствует. Важнейшей особенностью и преимуществом наноструктурного титана перед остальными сплавами титана являются отсутствие токсичных элементов (алюминий и ванадий), более высокая прочность и коррозионная стойкость, присущая нелегированному титану.

### Литература

1. Научные основы выбора имплантационных материалов в челюстно-лицевой хирургии и ортопедии / [К.Г. Бутовский, Н.В. Протасова, А.В. Лясникова, В.Н. Лясникова] // Клиническая имплантология и стоматология. - 2002. - №3-4(21-22). - С. 13-16.
2. Валиев Р.З. Создание наноструктурных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации / Р.З.Валиев // Российские нанотехнологии. - 2006. - Т. 1. - С. 208-216.

3. Валиев Р.З. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией / Р.З.Валиев, И.В.Александров.- М.: Логос, 2000. - 272 с.
4. Развитие методов интенсивной пластической деформации для получения объемных наноструктурных материалов с уникальными механическими свойствами / Р.З. Валиев, Г.И. Рааб, Д.В. Гундеров [и др.] // Нанотехника. -2006. - №2. - С. 32-43.
5. Наноструктурный титан для биомедицинских применений: новые разработки и перспективы коммерциализации / Р.З.Валиев, И.П.Семенова, В.В.Латыш [и др.] // Российские нанотехнологии. - 2008. - №9-10. – Т. 3. - С. 106-115 .
6. Наноструктурный титан для биомедицинских применений: новые разработки и перспективы коммерциализации / Р. З.Валиев, И. П.Семенова, В.В.Латыш [и др.] // Российские нанотехнологии. - 2008. - №9, т. 2. – 10 с.
7. Цитохимические критерии оценки процессов репарации при установке различных видов имплантатов / [С. И.Жадько, В. А.Ткаченко, П. Н.Колбасин, И. С.Филипчик] // Современная стоматология. - 2006. - №2. – 12 с.
8. Иванов С. Ю. Современные материалы для изготовления имплантов / С. Ю.Иванов, А. Ф.Бизяев, М.В.Ломакин // Стоматологическая имплантология. – М., 2000. - 10 с.
9. Новая серия титановых сплавов для дентальных имплантатов / С. Ю.Иванов, М. В.Ломакин, В. Г.Анташев [и др.] // Новое в стоматологии. - 2001. - №9. -10 с.
10. Иголкин А.И. Титан в медицине / А.И.Иголкин // Титан (Научно-технический журнал). - 1993. - №1. - С. 86-90.
11. Илик Р. Р. Современные материалы для изготовления имплантатов / Р. Р.Илик // Современная стоматология. -1998. - №3. - 22 с.
12. Конохова С.Г. Взаимодействие костной ткани с титановым пористым имплантатом / С.Г.Конохова, Н.С.Ефимова, А.П. Осипов // Российский стоматологический журнал. - 2002. - №4. – С. 13-16.
13. Лебедеко И.Ю. Изучение взаимодействия винтовых имплантатов из сплава циркония Э-125 с костной тканью в эксперименте на животных / И.Ю.Лебедеко, О.Б. Кулаков // Новое в стоматологии. - 2002. - № 2. - С. 98-100.
14. Мосейко А.А. Применение циркония в дентальной имплантологии / А.А.Мосейко // Вестник стоматологии. - 2007. -№4. - С. 81-84.
15. Сидельников А.И. Сравнительная характеристика материалов группы титана, используемых в производстве современных дентальных имплантатов / А.И.Сидельников // ИнфоДЕНТ. -2000.- №5. -15 с.
16. Суров О.Н. Биоинертный или биоактивный имплантат / О.Н.Суров // Новое в стоматологии. -1998. - №3. - С. 15-18.
17. Объемный ультрамелкозернистый титан с высокими механическими свойствами для медицинских имплантатов / Ю.П.Шаркеев, А.Ю.Ерошенко, А.Д.Братчиков [и др.] // Нанотехника. - 2007. - №3(11). - С. 81-87.
18. Шелякова И.П. Титан как альтернатива хромоникелевым и хромо-кобальтовым сплавам / И.П.Шелякова // Дентальные технологии. - 2005. - №4(23). - С. 56-59.

Стаття надійшла  
11.07.2013 р.

### Резюме

Проанализированы различные системы дентальных имплантатов в аспекте изучения физико-химических свойств материалов. Большинство дентальных имплантатов, представленных на рынке Украины, изготовлены из сплавов титана, в которых с целью легирования использован элемент ванадий, о токсических свойствах которого известно из литературных источников. Поэтому предпочтение в выборе имплантатов следует отдавать тем сплавам титана, в которых ванадий заменен на безопасный ниобий.

**Ключевые слова:** производство дентальных имплантатов, система дентальных имплантатов, наноструктурный титан, диоксид циркония.

### Резюме

Проаналізовані різні системи дентальних імплантатів у аспекті вивчення фізико-хімічних властивостей матеріалів. Більшість дентальних імплантатів на ринку України виготовлені зі сплавів титану, в яких для легування використаний елемент ванадій, про токсичні властивості якого відомо з літературних джерел. Тому перевагу у виборі імплантатів слід віддавати тим сплавам титану, в яких ванадій замінений на безпечний ніобій.

**Ключові слова:** виробництво дентальних імплантатів, система дентальних імплантатів, наноструктурний титан, діоксид цирконію.

### Summary

The authors provide the analysis of different systems of dental implants in the aspect of exploring the physical and chemical properties of materials. The majority of dental implants presented at the market of Ukraine is made of the alloys of titan, in which vanadium is used with the purpose of alloying; it is known from many literary sources about toxic properties of the latter. Therefore, when choosing implants it is necessary to give preference to those alloys of titan, in which vanadium is substituted with safe niobium.

**Key words:** production of dental implants, system of dental implants, nanostructured titan, zirconium dioxide.