

B. Wenz, J. Koch

*Viel Raum für den einwachsenden Knochen*

DZW-Spezial 4, 2004

Статья предоставлена к публикации фирмой «СИМКО Трейдинг»

## Больше пространства для регенерируемых костных тканей

Эффективность регенеративной терапии с использованием различных материалов-заменителей костной ткани зависит от целого ряда факторов. Одним из наиболее важных параметров, безусловно, является микроструктура материала, от особенностей которой зависит не только качество регенерации костных тканей, но и рентабельность его практического применения. Для количественной оценки этой весьма специфической характеристики можно использовать два взаимосвязанных параметра: величину площади удельной поверхности или объем одного грамма материала. Среди всех представленных в настоящее время на рынке материалов-заменителей костной ткани наиболее развитой поверхностью обладает материал Bio-Oss, состоящий преимущественно из естественных костных минералов.

В современной имплантологии чрезвычайно широкое распространение получили различные методы регенеративной терапии с использованием материалов-заменителей костной ткани в сочетании с барьерными мембранами. Согласно актуальным статистическим данным [1] значительный дефицит костных тканей в области имплантации, обуславливающий необходимость проведения соответствующих регенеративных мероприятий, наблюдается практически в 40% случаев. С другой стороны, постоянное увеличение общего количества таких операций обусловлено еще и тем,

что регенерация необходимого количества костных тканей позволяет не только значительно повысить качество остеоинтеграции имплантатов, но сформировать оптимальную структуру мягких тканей в области имплантации, что является одним из основных условий обеспечения как функциональной эффективности, так и эстетического совершенства изготавливаемых реставраций.

### ПОРИСТАЯ СТРУКТУРА ПОВЫШАЕТ ОСТЕОКОНДУКТИВНОСТЬ МАТЕРИАЛА

В настоящее время на рынке представлен достаточно широкий ассортимент различных материалов-заменителей костной ткани. Очевидно, что основным критерием выбора наиболее подходящего материала является эффективность и качество его остеоинтеграции, которые зависят, прежде всего, от состава и структуры поверхности материала. Результаты исследований [2] позволяют с полным основанием утверждать, что качество остеоинтеграции материалов-заменителей напрямую зависит от того, насколько точно их состав соответствует составу минералов костных тканей человека. Одновременно с этим было установлено, что одним из основных факторов, оказывающих непосредственное влияние на остеокондуктивность, а, следовательно, и эффективность практического применения материалов одинакового состава являются особенности микроструктуры их поверхности, в частности ее пористость [3, 4, 5, 6, 7].

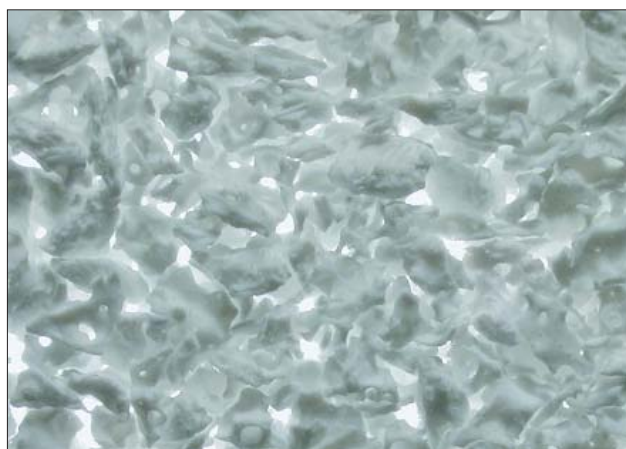
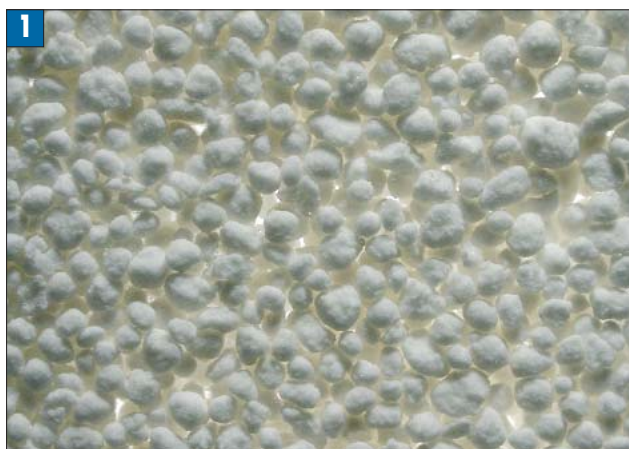
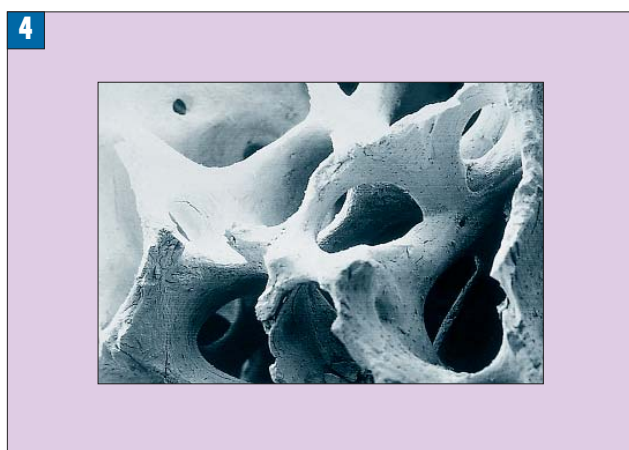
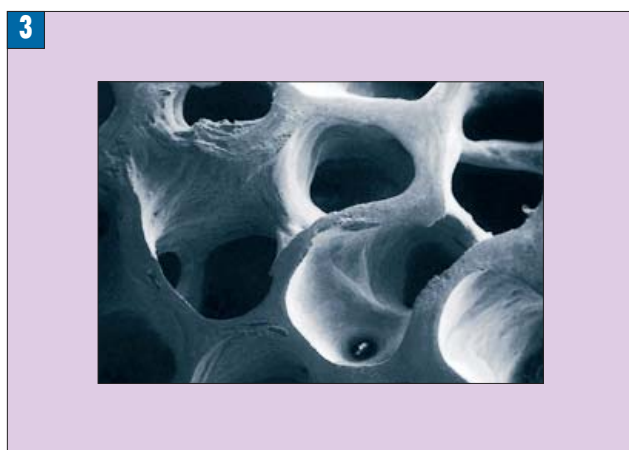
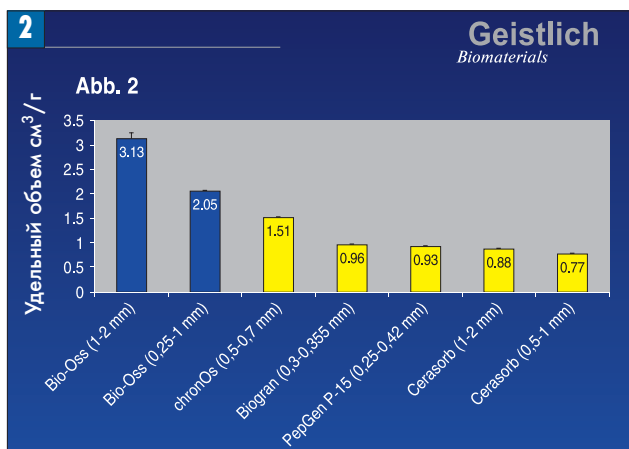


Рис. 1. Удельный объем сыпучих материалов зависит от размеров и формы их частиц. Чем ближе форма частиц материала к идеальной сфере, тем меньший объем они занимают. Справа: полигональные частицы материала Bio-Oss (1–2 мм). Слева: округлые частицы материала Cerasorb (500–1000 мкм).



- Рис. 2. Удельный объем различных материалов-заменителей костной ткани. Максимальным удельным объемом обладают частицы материала Bio-Oss.
- Рис. 3. Пористая объемная структура губчатых костных тканей человека (REM-снимок, увеличение 50х).
- Рис. 4. Материал Bio-Oss изготавливают из естественных костных тканей. Благодаря этому его объемная структура практически полностью соответствует структуре губчатых костных тканей человека (REM 50х).
- Рис. 5. Структура синтетических материалов-заменителей (трикальцийфосфат) очень сильно отличается от строения естественных костных тканей (REM 25х).
- Рис. 6. Гранулы стекла (REM 5х). Отсутствует какая-либо объемная структура или упорядоченная система взаимосвязанных пор.

### Высокая пористость — больше пространства для новых костных тканей

Одним из основных условий успешной остеоинтеграции материала-заменителя костной ткани является наличие достаточного свободного пространства, необходимого для разрастания костных тканей внутри дефекта. Объем этого пространства, образующегося между частицами материала, напрямую зависит от размеров и особенностей распределения пор по их поверхности. В идеальном случае взаимосвязанные макро- и микропоры образуют упорядоченную объемную структуру, которая не только значительно облегчает миграцию остеобластов, но и представляет собой идеальную основу для формирования разветвленной сети кровеносных сосудов, а, следовательно, и успешной регенерации костных тканей.

Для количественной оценки пористости материала можно использовать величину площади его удельной поверхности, т. е. площадь поверхности одного грамма материала.

Определение площади удельной поверхности различных материалов-заменителей костной ткани стало основной целью специального исследования, проведенного группой ученых под руководством W. Wagnera (Университет Mainz). В ходе этого исследования было установлено, что наиболее развитой поверхностью обладает материал Bio-Oss (Geistlich Biomaterials, Швейцария), состоящий преимущественно из естественных костных минералов. Средняя величина площади его удельной поверхности равняется 79 м<sup>2</sup>/г, что значительно превосходит величины, характерные для других материалов. Повышенная пористость материала Bio-Oss, безусловно, является одной из основных причин чрезвычайно высокой эффективности его практического применения, кото-

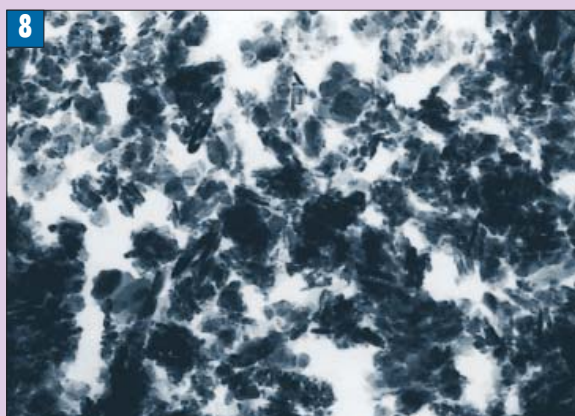
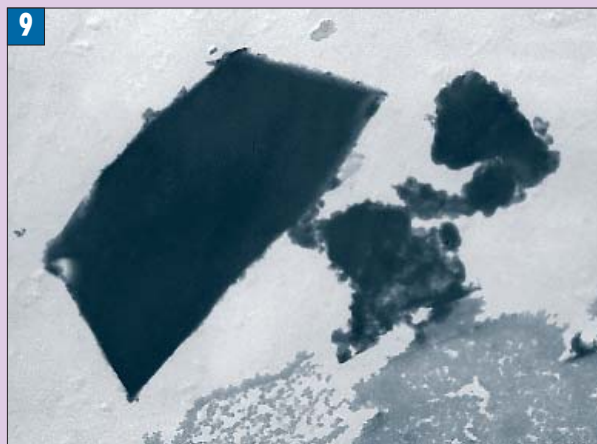
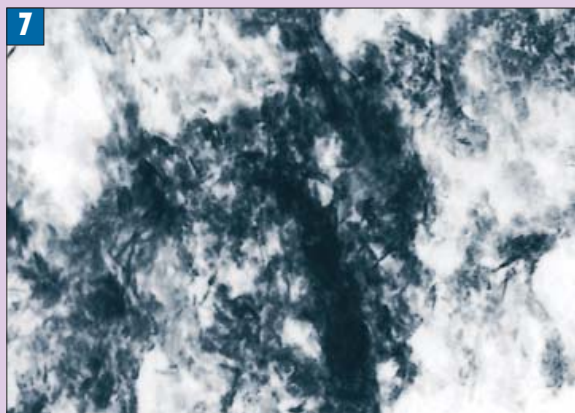


Рис. 7. Увеличенный снимок естественных костных тканей человека, основу которых составляют мелкие кристаллы апатита (ТЕМ 100.000х).

Рис. 8. Увеличенный снимок материала Bio-Oss. Его основу также составляют мелкие кристаллы апатита (ТЕМ 100.000х).

Рис. 9. Увеличенный снимок гранул стекла — крупные частицы неправильной формы окружены значительно более мелкими (ТЕМ 40.000х).

Рис. 10. Увеличенный снимок синтетического трикальцийфосфата (ТСП). Основу этого материала составляют крупные кристаллы неправильной формы (ТЕМ 50.000х).

рая была подтверждена результатами многочисленных научных и клинических исследований [8, 9, 10, 11].

### БОЛЬШОЙ ОБЪЕМ — ВЫСОКАЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ

При выборе материала необходимо учитывать и различные экономические аспекты. Рентабельность того или иного материала зависит не только от его стоимости (цена за 1 г), но и от величины удельного объема, которая напрямую зависит от формы, структуры и размеров частиц материала.

Удельный объем наиболее распространенных материалов-заменителей костной ткани был определен в ходе специального исследования [12], проведенного специалистами одного из наиболее авторитетных научно-исследовательских институтов Швейцарии (Eidgenössische Materialprüfanstalt EMPA, Цюрих). В качестве основного метода анализа был использован один из наиболее точных методов определения удельного объема сыпучих материалов, а именно измерение их оптической плотности в потоке рентгеновского излучения. Высокая точность этого метода обеспечивается за счет использования стандартной кюветы кубической формы, а также благодаря усреднению результатов нескольких серий измерений, проведенных при 3 различных положениях кюветы.

### Методика измерения удельного объема сыпучих материалов

Измерения осуществляются с использованием рентгеновского микроскопа и калиброванного источника рентгеновского излучения диаметром 20 мкм. Расстояние между источником излучения и анализируемым образцом равнялось 70 мм, а между образцом и детектором излучения — 350 мм, соответственно. В качестве объекта исследования была использована стандартная кубическая кювета объемом чуть более 1 см<sup>3</sup>. Для каждого из 10 материалов было проведено 5 независимых экспериментов, в ходе которых измерения оптической плотности образца осуществлялись при 3 различных положениях кюветы. В качестве контрольного образца были использованы стеклянные шарики диаметром от 0,1 до 0,11 мм.

После обработки результатов измерений было установлено, что максимальным удельным объемом обладают пористые полигональные частицы естественного материала Bio-Oss, а минимальным — гладкие сферические частицы  $\beta$  — ТСП. Так, например, объем 1 г крупнозернистого (1–2 мм) материала Bio-Oss Spongiosa в 3,5 раза превышает объем 1 г  $\beta$  — ТСП с тем же размером частиц.

продолжение на с. 64 ➤

**Таблица.** Количество различных материалов-заменителей костной ткани, необходимое для заполнения дефекта объемом 1 см<sup>3</sup>

Материал	Масса материала
Bio-Oss® 0,25–1 мм	0,3 г
Bio-Oss® 1–2 мм	0,5 г
ChronOs® 0,5–0,7 мм	0,7 г
Biogran® 0,3–0,355 мм	1,0 г
RepGen® 0,25–0,42 мм	1,1 г
Cerasorb® 1–2 мм	1,1 г
Cerasorb® 0,5–1 мм	1,3 г

## РЕЗЮМЕ

Наличие развитой поверхности значительно повышает остеокондуктивность материала Bio-Oss, состоящего из естественных костных минералов. Благодаря чрезвычайно высокой площади удельной поверхности и оптимальной полигональной форме гранул, этот материал обладает еще и максимальным удельным объемом, что обеспечивает не только сохранение достаточного свободного пространства, необходимого для успешного разрастания костных тканей внутри дефекта, но высокую рентабельность его практического применения. **НС**