

Воробйова Катерина Володимирівна

студентка

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Воробьева Екатерина Владимировна

студентка

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Vorobiova K.

student

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»

**ЦИРКОНИЕВАЯ КЕРАМИКА КАК БИОМАТЕРИАЛ
В СТОМАТОЛОГИИ И ИМПЛАНТОЛОГИИ
ЦИРКОНІЄВА КЕРАМІКА ЯК БІОМАТЕРІАЛ
В СТОМАТОЛОГІЇ ТА ІМПЛАНТОЛОГІЇ
ZIRCONIUM CERAMIC AS DENTAL AND
IMPLANTOLOGY BIOMATERIAL**

Анотація. Основні відомості та властивості цирконієвої кераміки, її галузь застосування.

Ключові слова: цирконій, кераміка, протезування, стоматологія.

Аннотация. Основные сведения и свойства циркониевой керамики, её области применения.

Ключевые слова: цирконий, керамика, протезирование, стоматология.

Summary. Basic information and properties of zirconia ceramics, its field of application.

Key words: zirconium, ceramics, prosthetics, stomatology.

Цирконий является одним из самых перспективных возобновляемых биоматериалов, поскольку он имеет очень благоприятные механические и химические свойства, которые подходят для медицинского применения.

Циркониевая керамика становится распространенным биоматериалом в стоматологии и имплантологии. Диоксид циркония, стабилизированного Y_2O_3 имеет наилучшие свойства для этой сферы применения.

Биосовместимость циркония была изучена в естественных условиях, а также в лаборатории, после введения образцов ZrO_2 в кости и мышцы никакого неблагоприятного эффекта отторжения не было зарегистрировано.

Эксперименты в лаборатории показали отсутствие мутаций и хорошую жизнеспособность клеток развивающихся на этом материале. Циркониевые сердечники для фиксированных частично съемных протезов (ЧСП) на передние и задние зубы стали более доступными. Механические свойства ЧСП с оксида цирко-

ния оказались лучше, чем у других материалов для имплантатов. Клинические исследования, которые продолжаются, дают хорошие результаты для циркониевых ЧСП.

Использование оксида циркония

Использование оксида циркония (диоксид циркония, ZrO_2) как стоматологического материала вызвало значительный интерес в стоматологическом сообществе. Его механические свойства очень похожи на свойства металлов и его цвет совпадает с цветом зуба. Оксид циркония технологически является керамическим материалом, не растворимым в воде, было доказано что данный материал является не токсичным и не усиливает адгезию бактерий. Чистый нелегированный диоксид циркония является полиморфным и аллотропным при давлении окружающей среды, представляя три кристаллографические формы при различных температурах:

– кубическую(с) (от 2680 °С, температура плавления, до 2370 °С);

- тетрагональну (t) (от 2370 °С до 1170 °С),
- моноклінну (m) (От 1170 °С до комнатной температуры).

Охлаждение сопровождается самопроизвольным преобразованием (t) фазы к более стабильной (m). Происходит, одновременное, заметное увеличение объема кристаллов (на 4–5%).

Для достижения молекулярной стабильности, ZrO_2 смешивают с другими оксидами металлов, такими как MgO, CaO или Y_2O_3 . В области реконструкционной стоматологии, оксид циркония используется для пломбирования корневого канала (с 1989 года), установления мостов (1995), а также для всех керамических ЧСП (с 1998 года). Первое использование диоксида циркония в качестве материала для зубного имплантата было проведено в 2004 году.

Микромеханические свойства циркониевой керамики

Уплотнение диоксида циркония

Уплотнение — важная характеристика жесткости и дефектостойкости керамики. Оптимальными условиями является комнатная температура. До сих пор, только диоксид циркония используется в качестве преобразующей фазы уплотненной трансформации. Эффект превращения некоторых зерен диоксида циркония в термически расширенную циркониевую керамику был изучен давно Геллером и Яворским (1945), на основании этого стало ясно, что были преимущества использования частично стабилизированной циркониевой керамики в качестве стоматологического биоматериала, чем полностью стабилизированной.

Цирконий является очень полезным в стабилизированном состоянии. В некоторых случаях тетрагональная фаза может быть метастабильной. Эта фаза может замедлять темп роста трещин при сжатии и повышает общую трещиностойкость. Этот механизм характеризуется образованием уплотнений, он значительно увеличивает надежность и срок службы изделий, изготовленных со стабилизированного диоксида циркония.

Как минимум три механизма уплотнения могут применяться к диоксиду циркония.

1. Стресс-индуцированное уплотнение.
2. Образование сжимающихся поверхностных слоев в результате трансформации, вызванной поверхностным напряжением.
3. Уплотнения на месте микротрещин.

Дисперсионно-закалённая керамика

Наиболее простой материал основан на дисперсии частиц диоксида циркония, является самым широко распространенным и дешевым с коммерческой точки

зрения. Эти дисперсионно упрочненные материалы, такие как ZrO_2 — упрочненный глинозем (Al_2O_3) или ZrO_2 — закаленный глинозем ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$), были названы ZTA и ZTM.

В отличие от двух других классов, устойчивость t фазы меньше комнатной температуры, опираются в основном не на использование добавочных примесей, а вместо этого учитывается размер частиц, морфология частиц и их местоположение. В ZTA, например, частицы больше критического размера трансформируются в моноклинные симметрии при охлаждении до комнатной температуры. Преобразование t — m называется мартенситным, способ для описания эффекта зернистости. Он заключается в том, чтобы исследовать их влияние на температуру мартенситного начала (M_s); по существу, все стабилизации фазы t можно рассматривать как уменьшение M_s до температуры ниже комнатной температуры.

В рамках стоматологических материалов, как коммерческий пример дисперсно-закаленной керамики от немецкой компании In-Ceram Zirconia, которые являются взаимопроникающих композитом стекла и поликристаллической керамики, состоящей из Al_2O_3 : ZrO_2 при соотношении приблизительно 70:30%.

Однофазный, поликристаллический t-ZrO₂

В 1977 году стало известно, что мелкозернистый ZrO_2 (как правило, < 0,5 мкм) с малыми концентрациями стабилизирующего Y_2O_3 может содержать до 98% метастабильной фазы t. Высокая напряженность говорит о высоком содержании тетрагональной фазы, а низкая прочность соответствует высокому содержанию моноклинной фазы. Отсюда следует, что высокая прочность ($K_{IC} \sim 700$ МПа) и вязкость разрушения ($K_{IC} \sim 6-9$ МПа $m^{1/2}$) были обнаружены только при как можно меньшем размере зерен — критическом (<0,3μm). Эти материалы состоят в основном из равноосных зерен t-ZrO₂ спеченные до 96–99,5% от теоретической плотности. Свойства этой гомогенной керамики, в первую очередь зависят от размера зерна. При заданной концентрации добавочные примеси уменьшают прирост вязкости разрушения; постепенно зерна становятся значительно меньше критических размеров.

Биосовместимость с мягкими тканями

Исследования на различных животных (кроликах, крысах, мышах, собаках, обезьянах) показали поведение циркониевой керамики, имплантированной в мягкие ткани. Эти испытания, проведенные с различными физическими (стержни, планки, мелкие элементы) и структурными формами из диоксида циркония в различных участках имплантации привели

к анализованию общей токсичности и неблагоприятных реакций в имплантированных мягких тканях.

Лишь немногие источники отдают приоритет, для вживления в мышцы грызунов, частично стабилизированному цирконии, а не оксиду алюминия. При имплантации в спинномозговые мышцы крыс, в течение 12 недель, поликристаллы диоксида циркония (Y-PSZ), как правило, инкапсулируются волокнистой тканью, что наблюдается в контрольных образцов. Аналогичным образом, Y-PSZ показал хорошие результаты при имплантировании подкожно крысам на срок до 12 месяцев. В этих случаях, не зависимо от продолжительности нахождения имплантата в организме животного, инкапсулирование происходит тонким слоем волокнистой ткани. Отсюда можно сделать выводы, что оксид циркония не вызвал каких-либо реакций отторжения ткани.

В заключение, диоксид циркония, не зависимо от тестируемой физической формы, не вызывает цитотоксичность в мягких тканях, даже если волокна обнаружены в лимфатических узлах после внутри-брюшинного введения.

Биосовместимость с твердыми тканями

На сегодняшний день первое известие о биосовместимости с твердой тканью было опубликовано Хелмером и Дрискекеллом, которые поместили шарик стабилизированного диоксида циркония с 6% Y_2O_3 в бедренную кость обезьяны. Они не зафиксировали каких-либо побочных реакций. Первые сравнитель-

ные результаты с диоксидом циркония и другим имплантированным материалом (оксидом алюминия) были получены от Вагнера и Кристела, которые использовали стержни из оксида циркония (Y-TZP) или оксида алюминия. Эти стержни имплантировались в бедренную часть лапы кроликов и не наблюдали никаких отклонений в реакции кости на имплантат. Пластины и стерженьки были имплантированы в кости крыс, кроликов и мышей без провоцирования каких-либо местных или системных токсических эффектов после введения YSZ в кости. Наконец, оказалось, что различные формы диоксида циркония, испытанные в твердых тканях не вызывают какие-либо неблагоприятные реакции или же глобальные токсические эффекты. Более того, в свете этих испытаний стало очевидно, что оксид циркония является биологически совместимым материалом.

Выводы

В клинических долгосрочных исследованиях очень важно обратить внимание на то, что оксид циркония обладает хорошей надежностью для применения в стоматологии, биологических, механических и клинических исследованиях, а так же хорошо переносится больными и достаточно стойкий. Отбор пациентов, в сочетании с клиническими и техническими исследованиями, являются обязательными для того, чтобы получить полноценную статистику эксплуатационных показателей материала.

Список литературы

1. Denry I, Kelly R. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008;24:299–307.
2. Lugh V, Sergio V. Low temperature degradation–aging- of zirconia: a critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dent Mater* 2010;26:807-20.
3. Torricelli P, Verne E, Brovarone CV, Appendino P, Rustichelli F, Krajewski A, et al. Biological glass coating on ceramic materials: in vievaluation using primary osteoblast cultures from healthy and osteopenic rat bone. *Biomaterials* 2001;22:2535-43.
4. Lohmann CH, Dean DD, Koster G, Casasola D, Buchhorn GH, Fink U, et al. Ceramic and PMMA particles differentially affect osteoblast phenotype. *Biomaterials* 2002;23:1855-63.
5. Zarone, F., Russo, S., Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dental Materials*, Volume 27, Issue 1, January 2011, Pages 83–96.
6. Dion I, Bordenave L, Levebre F. Physico-chemistry and cytotoxicity of ceramics. *J Mater Sci Mater Med* 1994;5:18-24.
7. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999;20:1-25.
8. Coli P, Karlsson S. Fit of a new pressure-sintered zirconium dioxide coping. *Int J Prosthodont* 2004;17:59-64.
9. Mechanical properties of ceramics By J. B. Wachtman, W. Roger Cannon, M. John Matthewson, p. 228.
10. D. L. Porter, A. G. Evans, A. H. Heuer. Transformation-toughening in partially-stabilized zirconia (PSZ). *Acta Metallurgica*. Volume 27, Issue 10, October 1979; 1649-1654.
11. A. G. Evans, R. M. Cannon. Overview no. 48: Toughening of brittle solids by martensitic transformations. *Acta Metallurgica*. Volume 34, Issue 5, May 1986, P. 761-800.