

**ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИМПЛАНТОВ НА ОСНОВЕ Co-Cr
Co-Cr АСОСИДАГИ ИМПЛАНТЛАРНИНГ БИОЛОГИК МОСЛИГИНИ ОШИРИШ
INCREASED BIOLOGICAL COMPATIBILITY IMPLANTS BASED ON Co-Cr**

*Ботиров М.Т., Норматова Ш.А., Мамажонов М.М.
Central Asian Medical University, Фергана, Республика Узбекистан*

*В.Т. Минченя, П.Е.Луцик
Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь,
arsif@mail.ru*

Ботиров М.Т., Норматова Ш.А., Мамажонов М.М, Минченя В.Т., & Луцик П.Е. (2022). ПОВЫШЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИМПЛАНТОВ НА ОСНОВЕ CoCr. Acta CAMU, 1(2181-4155), 7–11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7572790>

Аннотация. Представлен обзор подходов к оценке биосовместимости медицинских изделий на основе металлов и сплавов, поиск путей преодоления низкой приживляемости имплантируемых конструкций. Имплантация искусственными материалами позволяет вернуть утраченную функциональность органов и тканей человека и на сегодняшний день не имеет конкуренции. Преимущество использования металлов и сплавов в имплантируемых конструкциях заключается в их высокой надежности при эксплуатации, длительном сроке службы, большой функциональности. Характер взаимодействия организма человека и импланта оказывает влияние на ресурсоемкость и износостойкость конструкций. Научные изыскания производителей медицинских имплантов на современном этапе направлены на получение материалов, которые не будут оказывать отрицательного влияния на организм человека и обеспечат максимальную приживаемость при их использовании.

Ключевые слова: биосовместимость, биотолерантный, имплантат, износостойкость, термообработка.

Аннотация. Металл ва қотишмалар асосидаги тиббиёт буюмларининг биологик мослигини баҳолашга ёндашувлар, имплант сифатида ишлатиладиган конструкцияларнинг битиб кетишининг наслиги олдини олиш йўллари топиш юзасидан шарҳ келтирилган. Сунъий материалларни имплантация қилиш одам аъзолари ва тўқималарининг йўқотилган функцияларини қайтариш имконини бериб, бугунги кунда у рақобатга эга эмас. Имплантация қилинадиган конструкциялардаги металл ва қоришмалардан фойдаланиш афзаллиги уларнинг эксплуатация пайтида ишончилиги, узоқ муддат давомида ишлаши мумкинлиги, функционаллагининг юқори эканлигидадир. Ҳозирги босқичда тиббиёт имплантлари ишлаб чиқарувчиларининг илмий изланишлари одам организмига салбий таъсир кўрсатмайдиган ва улардан фойдаланиш пайтида максимал даражада битиб (тутиб) кетишликни таъминлайдиган материалларни олишга қаратилган.

Калим сўзлар: биологик мослик, биотолерант, имплантат, эскиришга чидамлилиқ, термик ишлов.

Abstract. A review of approaches to assessing the biocompatibility of medical devices based on metals and alloys is presented, as well as the search for ways to overcome the low survival rate of implantable structures. Implantation with artificial materials allows you to restore the lost functionality of human organs and tissues and today has no competition. The advantage of using metals and alloys in implantable structures is their high operational reliability, long service life, and great functionality. The nature of the interaction between the human body and the implant affects the resource intensity and wear resistance of structures. Scientific research of manufacturers of medical implants at the present stage is aimed at obtaining materials that will not have a negative effect on the human body and will ensure maximum survival rate when using them.

Keywords: biocompatibility, biotolerant, implant, wear resistance, heat treatment.

Введение. При изготовлении имплантатов, подверженных повышенным циклическим нагрузкам, в последнее время широко используются кобальт-хромовые сплавы, обладающие высокой твердостью и износостойкостью [1].

Поскольку имплантаты интегрированы в костномышечную систему организма, они не только сами находятся под воздействием постоянных нагрузок, но и передают воздействие на окружающую костную ткань. Поэтому материалы, предназначенные для их изготовления, должны обладать высокой биосовместимостью и механическими свойствами, обеспечивающими их толерантность к костной ткани [2, 14].

Осложнения, развивающиеся при низкой биологической совместимости, сводятся к потере функциональности в зоне имплантации, нестабильности импланта, развитию асептического воспаления и в случае присоединения микрофлоры – к парапротезной инфекции [3].

Отсюда и появляется интерес к данной проблематике. В медицине сейчас прилагают усилия к поиску и усовершенствованию материальной основы имплантата (улучшение износостойкости, поиск гипоаллергенных материалов и обеспечение максимальной стабильности в организме) при изготовлении [4].

В медицине роль металлов и сплавов в качестве имплантируемых материалов имеет основополагающее значение. Невозможно выделить сегодня область медицины, в которой металлические имплантаты не использовались бы в качестве важнейших функциональных элементов. Активное развитие имплантологии с использованием металлических материалов определяется постоянным стремлением металлургов не только улучшить физико-механические свойства металлов и сплавов и их коррозионную стойкость, но и приблизить характеристики имплантируемых конструкций к свойствам тканей организма [5].

Благодаря хорошей биосовместимости, высоким механическим свойствам и особенно износостойкости в качестве материалов для хирургической имплантации уже в течении десятилетий широко используются сплавы на кобальтовой основе [8, 9, 10].

Сплав Co-Cr был впервые обнаружен Элвудом Хейнсом в начале 1900-х годов путем сплавления кобальта и хрома. Под названием Stellite сплав Co-Cr использовался в различных областях, где требовалась высокая износостойкость, включая аэрокосмическую промышленность, столовые приборы, подшипники, лезвия и т.д. Сплав Co-Cr стал привлекать все больше внимания, когда было найдено его биомедицинское применение. В XX веке этот сплав был впервые использован в производстве медицинских инструментов, а в 1960 году был имплантирован первый протез клапана сердца из Co-Cr, который прослужил более 30 лет, продемонстрировав высокую износостойкость. В последнее время благодаря превосходным свойствам устойчивости, биосовместимости, высокой температуре плавления и невероятной прочности при высоких температурах сплав Co-Cr используется для изготовления многих искусственных суставов, включая бедра и колени, зубных мостовидных протезов, газовых турбин и многих других [6].

Сплав содержит кобальт (55 — 65%) и хром (до 30%). Другие основные легирующие элементы — молибден (4 — 5%) и реже титан (5%). Кобальт и хром формируют твердый раствор с содержанием хрома до 30%, что является пределом растворимости хрома в кобальте; избыток хрома образует вторую хрупкую фазу. В целом, чем выше содержание хрома, тем устойчивее сплав к коррозии. Поэтому производители стараются максимально увеличить количество хрома, не допуская образования второй хрупкой фазы. Молибден вводят для образования мелкозернистой структуры материала путем создания большего количества центров кристаллизации во время процесса затвердевания. Это имеет дополнительное преимущество, так как молибден вместе с железом дает существенное упрочнение твердого раствора. Тем не менее, зерна имеют довольно большие размеры, хотя их границы очень трудно определить из-за грубой дендритной структуры сплава [7, 15].

При этом для установки свыше 50 % от общего количества имплантированных эндопротезов тазобедренного сустава использованы Co-Cr-Mo сплавы. Имплантаты из

кобальтовых сплавов (например, ножку эндопротеза тазобедренного сустава) можно изготовить тремя способами: литьем, методами порошковой металлургии и методами обработки давлением [11]. При этом механические, эксплуатационные свойства и совместимость имплантата с человеческим организмом, конечного изделия сильно зависят от способа его изготовления и последующей обработки.

Биосовместимость – способность материала встраиваться в организм, не вызывая при этом побочных клинических проявлений и индуцируя клеточный или тканевой ответ, необходимый для достижения оптимального терапевтического эффекта. Следовательно, биосовместимыми материалами являются такие материалы, которые функционируют внутри живого тела, не индуцируя серьезных заболеваний или осложнений. Различают три группы биосовместимых имплантационных материалов: биотолерантные (нержавеющая сталь, кобальто-хромовые сплавы и др.), биоинертные (титан и его сплавы, цирконий, тантал и др.) и биоактивные (гидроксиапатит, трикальцийфосфат, рассасывающиеся барьерные мембраны).

Биотолерантные материалы проявляют некоторую биосовместимость, однако они не обладают остеокондуктивными свойствами, следовательно, не обеспечивают адгезию белков и клеток костной ткани на своей поверхности, поэтому между поверхностью имплантата и костным матриксом не образуется физико-химическая связь, что в свою очередь приводит к формированию соединительной ткани или фиброзной капсулы вокруг имплантата, т.е. к дистантному остеогенезу [12].

Изучены микроструктуры и прочностных характеристик сплава Co–Cr–Mo, (Н.В.Казанцева, И.В.Ежов) полученного аддитивным методом, использующим селективное лазерное сплавление (СЛС) в 3D-принтере EOSINT M280, и дуговой плавкой в атмосфере гелия. Обнаружено протекание мартенситного превращения в СЛС-образцах. Методом наноиндентирования обнаружено, что микротвердость ННТ СЛС сплава выше, чем литого, что, вероятно, связано с обнаруженным высоким уровнем поверхностных остаточных напряжений в СЛС-образце. Обнаружено, что СЛС-сплав после стандартного отжига имеет двухфазную (ГЦК + ГПУ)-структуру, в отличие от литого сплава, который после такого отжига сохраняет однофазную ГЦК-структуру [13].

В результате индивидуальной несовместимости организма хозяина и импланта формируется коммитированность иммунной системы хозяина по отношению к материалам, используемым для изготовления имплантов, что ведет к осложнениям, связанным с развитием перимплантного воспалительного процесса и нестабильностью имплантов. Проблемы анализа получаемых различными исследователями данных о так называемой костной реактивности и «металлической» гиперсенсibilизации сводятся к отсутствию обобщенных данных и трудностям верификации диагноза.

Проблема низкой биологической совместимости используемых медицинских изделий должна быть рассмотрена более широко. Предлагаемые пути решения могут заключаться в изготовлении материалов и термообработке, которые влияют на биосовместимость, биоинертность и биоактивность импланта. Изучение более подходящих условий изготовления биоматериалов требует анализа результатов лабораторных исследований путем введения материалов в живые организмы. А это даст нам возможность определения предоперационного прогнозирования совместимости.

Литература

1. Алексеев, Ю.Г. Электролитно-плазменное полирование кобальт-хромовых сплавов медицинского назначения / Ю.Г. Алексеев, А.Ю. Королёв, В.С. Нисс // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2019. – Т. 64, №3. – С. 296–303. <https://doi.org/10.29235/1561-8358-2019-64-3-296-303>.
2. Huber M., Reinisch G., Trettenhahn G., Zweymüller K., Lintner F. Presence of corrosion products and hypersensitivity-associated reactions in periprosthetic tissue after aseptic loosening of total hip replacements with metal bearing surfaces // Acta Biomateria. 2009. № 5 (1). P. 172–180.

3. Рожнова О. М., Павлов В. В., Садовой М. А. Биологическая совместимость медицинских изделий на основе металлов, причины формирования патологической реактивности (обзор иностранной литературы) //Бюллетень сибирской медицины. – 2015. – Т. 14. – №.
4. Jing, X. Обзор статей с данными по выживаемости компонентов системы Vanguard за 5-летний период // 17-й обучающий курс SICOT, 2011. – № 17. – С. 2–17.
5. Оптимизация режимов термообработки TiNi проволоки медицинского назначения. ВВ Рубаник, СН Милюкина - Материалы, 2008 - amo.dmt-product.com
6. <https://ru.abcdef.wiki/wiki/Cobalt-chrome>
7. <https://medbe.ru/materials/stomatologicheskoe-materialovedenie/splavy-neblagorodnykh-metallov/> © MedBe.ru
8. International standard. ISO 5832/4. Implants for surgery - Metallic materials - Part 4: Cobalt - chromium - molybdenum casting alloy, 1978.),
9. International standard. ISO 5832/5. Implants for surgery - Metallic materials - Part 5: Wrought cobalt - chromium - tungsten - nickel alloy, 1978.,
10. International standard. ISO 5832/6. Implants for surgery - Metallic materials - Part 6: Wrought cobalt - nickel - chromium - molybdenum alloy, 1978.].
11. Гордиенко А. И., Красиков В. Л. Влияние режимов термической обработки на механические и структурные характеристики Co-Cr-Mo сплава //HERALD OF POLOTSK STATE UNIVERSITY. Series B, APPLIED SCIENCES. – 2005.
12. Минина А.Н. Основы дентальной имплантации. Учебно-методическое пособие / А.Н.Минина, Т.Н.Чернина. – Витебск: ВГМУ, 2013 – 76 с.].
13. Анализ структуры и механических свойств сплава Co -Cr-Mo, полученного методом 3D-печати. НВ Казанцева, ИВ Ежов, ДИ Давыдов, 2019 - elibrary.ru.
14. Mamajonov M.M., Lushchik P.E., Botirov M.T., & Alekseev Y.G. Problems of Increasing the Biocompatibility of Materials Used in Medicine //International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding. – 2021. – Т. 8. – №. 7. – С. 419-426.
15. Ботиров М.Т., Лущик П.Е., Алексеев Ю.Г., Карабаев М.К., Минченя В.Т., Мамажонов М.М. Эндопротезы на основе NiTi и их биологическая совместимость // Журнал клинической и профилактической медицины. – 2022. –Т.1. - №1. – С. 8-14.