

Разработка дизайна шейного кейджа на основе метаматериалов из сплава Ti-6Al-4V

Научный руководитель – Сенатов Фёдор Святославович

Козик Марина Владимировна

Студент (магистр)

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Институт новых материалов и нанотехнологий, Москва, Россия

E-mail: marinakozik627@gmail.com

Козик М.В., Львов В.А., Сенатов Ф.С., Левин А.А.

Студент 2го курса магистратуры

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 4, Ленинский проспект, Москва, 119049, Россия

marinakozik627@gmail.com

Одной из важнейших проблем современной медицины являются дегенеративные поражения позвоночника, связанные с ними боли и неврологические проявления. Консервативная терапия не приводит к полному восстановлению функций позвоночника, что увеличивает количество больных трудоспособного возраста [1]. Эффективным лечением дегенеративных заболеваний является удаление воспаленного диска и установкой металлического спинального кейджа [2]. Кейдж помогает в сращении двух смежных позвонков и восстановлении функции позвоночника, но из-за повышенной жесткости металлов возникает проблема в биомеханической совместимости [3]. Задача биоинженерии - повышение биомеханической совместимости имплантатов и костной ткани. Совместимость повышается за счет введения пористых структур в объем кейджа, которые снижают модуль Юнга изделия до модуля кости, дополнительно провоцируют рост костной ткани и обеспечивают механическую связь [4].

Дополнительным инструментом для повышения биомеханической совместимости может служить применение сплава Ti-6Al-4V, значения модуля упругости которого близкие к модулю костной ткани ($E < 30$ ГПа), прочность выше, чем у костной ткани, высокое сопротивление усталости. Кроме того, данный сплав нетоксичен и биосовместим, это означает, что он биологически совместим с тканями и костями человека [5].

Метаматериалы или ауксетики, как подвид пористых структур используются для снижения жесткости изделия без потери стабильности. Ауксетики показывают стабильность из-за повышенных квазистатических и усталостных характеристик, по сравнению с другими видами пористых структур (Рисунок 1). Жесткость ауксетика обуславливаются изменяемой геометрической конфигурацией, образующей элементарную ячейку [6].

Коммерческий кейдж, который используется в клинической практике, как правило демонстрирует процентное соотношение 20 к 80 между пористой структурой и цельным материалом в рабочей области изделия. 80% процентов цельного материала приводят к недостаточной остеоинтеграции и повышенной жесткости кейджа.

Следовательно, в представленной работе разрабатываются спинальные кейджей с оригинальным дизайном со следующими особенностями. Процентное соотношение между пористой структурой и цельным материалом 80 к 20%. Большую часть (около 80%) объема изделия занимает пористый аукстейк, что улучшает остеоинтеграцию, снижает модуль Юнга без снижения стабильности. 20% цельного материала отводится под отверстия для винтов, установочного инструмента и кромки кейджа. Изменяемая геометрическая

конфигурация ауксетика контролируется за счет оригинальной математической модели "AuxComp". Модель при заданной пористости и размере пор выводит массив данных, который содержит информацию об элементарной ячейки для использования в конечном изделии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в рамках Стратегического проекта «Биомедицинские материалы и биоинженерия» (Приоритет 2030)

Источники и литература

- 1) 1. Подчуфарова ЕВ, Яхно НН, Алексеев ВВ, Аведисова АС, Чахава КО, Ершова ЕМ, et al. Хронические болевые синдромы пояснично-крестцовой локализации: значение структурных скелетно-мышечных расстройств и психологических факторов. Боль. 2003;1:38–43.
- 2) 2. Zdeblick TA, Phillips FM. Interbody Cage Devices. Spine (Phila Pa 1976) 2003;28: S2–7. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000076841.93570.78>.
- 3) 3. Sumner D, Turner T M, Igloria R, Urban R M and Galante J O 1998 Functional adaptation and ingrowth of bone vary as a function of hip implant stiffness J. Biomech. 31 909–17.
- 4) 4. A. Cheng, A. Humayun, D. J. Cohen³, B. D. Boyan and Z. Schwartz. Additively manufactured 3D porous Ti-6Al4V constructs mimic trabecular bone structure and regulate osteoblast proliferation, differentiation and local factor production in a porosity and surface roughness dependent manner. IOP Publishing 6. 2014.
- 5) 5. M. Niinomi, Biologically and mechanically biocompatible titanium alloys, Mater. Trans. 49 (2008) 2170–2178.
- 6) 6. Львов В.А. Структура и физико-механические свойства биомедицинских метаматериалов с отрицательным коэффициентом Пуассона. дис. канд. ф-м наук. 22.09.2022 / Львов В.А. – Мск., 2022 – 182 с.

Иллюстрации



Рис. : Рисунок 1 – Коммерческий кейдж компании Stryker, USA (А), Элементарная ячейка ауксетического метаматериала (Б), шейный кейдж с оригинальным дизайном на основе ауксетической структуры (В)