

*Я. И. МИРОНОВИЧ<sup>1</sup>, В. О. САПОЖНИКОВ<sup>2</sup>, Ю. В. КСЕНЕВИЧ<sup>2</sup>,  
Д. П. ТОКАЛЬЧИК<sup>2</sup>*

## **ОЦЕНКА БИОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБРАЗЦОВ ОКСИДА ТИТАНА С ПОРИСТОЙ ИЛИ ГЛАДКОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОСТЕОИНТЕГРАЦИИ**

*<sup>1</sup>Белорусский государственный медицинский университет, Минск, Беларусь*

*<sup>2</sup>Институт физиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

*E-mail: yaroslav.mironovich@mail.ru, fvk234@gmail.com,*

*juksenevich@gmail.com, ossil1991@mail.ru*

**Введение.** Разрабатываемые в Республике Беларусь пористые материалы из оксидов титана имеют различную пористость и размер ячеек. Данные типы материалов планируют к применению для медицинских целей (стоматология, эндопротезирование). Применение оксидов титана в реконструктивной хирургии основано на установленных свойствах биосовместимости, надежности и долговечности этого имплантационного материала. Однако при испытаниях практически не учитывают биофизические показатели гладких или пористых структур на основе оксидов титана, которые потенциально могут внести дополнительный вклад в биологические эффекты.

Имплантируемый материал часто соприкасается не только с жидкостями внутренней среды организма (кровь, лимфа, тканевая жидкость, цереброспинальная жидкость), основой которых является физиологический раствор, но

и с синовиальной жидкостью, в состав которой входит гиалуроновая кислота. Для производства различных конструкций используется технически чистый титан марок ВТ 1-0 и ВТ 1-00 (ГОСТ 19807–91), а также так называемый коммерчески чистый титан, который делят на 4 марки (Grade 1–4 ASTM, ISO), и титановый сплав Ti-6Al-4V (ASTM, ISO) [1].

Цель исследования – провести сравнительный анализ физических свойств, влияющих на биосовместимость имплантационного материала на основе сплава Ti-6Al-4V с гладкой поверхностью или пористой структурой в разных биологических средах (физиологический раствор натрия хлорида 0,9 %, изотонический; гидрогели внеклеточного матрикса: гиалуронат натрия 1 %).

**Материалы и методы.** Исследовали титановые образцы пористостью 31 % и размером ячеек 150–350 мкм ( $n = 5$ ); пористостью 40 % и размером ячеек 300–500 мкм ( $n = 5$ ); пористостью 55 % и размером ячеек 300–500 мкм ( $n = 5$ ) и цельные ( $n = 3$ ). Материал изготовлен экспериментально с применением аддитивных технологий трехмерной печати. Физические параметры оценивали с помощью спектрофотометра Solar CM 2203. В качестве нулевой линии использовали чистый физиологический раствор натрия хлорида 0,9 % или гиалуронат натрия 1 % (ООО «ГиалСинТехнолоджи», Беларусь), также инкубируемые на протяжении всего эксперимента в отдельных пробирках для каждого образца (для чистоты эксперимента). Инкубировали при температуре 37 °С в течение 4 сут. Ежедневно забирали образцы и анализировали жидкость в спектрофотометре. Перед анализом физиологический раствор активно взбалтывали, а более вязкую гиалуроновую кислоту размешивали с применением магнитной мешалки.

**Результаты и их обсуждение.** По данным литературы, материалы, состоящие из диоксида титана, поглощают в ультрафиолетовой области порядка 190–350 нм.

Для контрольного материала через 1 сут после размещения в физиологическом растворе продемонстрировано превышение нулевого значения, оптическая плотность составила 0,05, в области поглощения оксида титана – от 230 до 265 нм. Для образцов имплантатов, изготовленных из пористого материала, значения оптической плотности приближались к нулевому значению. Через 2 сут в контрольном образце увеличилось выделение частиц в раствор. На 3-и сутки после размещения в физиологическом растворе при температуре внутренней среды организма оптическая плотность контрольного образца возрастала в среднем в 2 раза, а образца пористостью 40 % и размером ячеек 300–500 мкм достигала значений 0,05 в области от 225 до 245 нм. Следовательно, уже два образца на 3-и сутки после моделирования условий нахождения имплантатов в организме теплокровных начинали выделять частицы оксида титана. К 4-м суткам нахождения только материалы пористостью 31 % и размером ячеек 150–350 мкм и пористостью 55 % и размером ячеек 300–500 мкм не имели ярко выраженных пиков, что означает либо отсутствие

частиц исследуемого образца, либо их незначительное количество. При изучении полученных сравнительных спектров поглощения в гиалуронате натрия 1 % обнаружено, что растворы с образцами пористостью 55 % и размером ячеек 300–500 мкм имеют наиболее выраженные пики в области поглощения диоксида титана на 1-е и 4-е сутки инкубирования. На основании полученных данных сделан вывод, что все образцы, кроме имеющих пористость 31 % и размер ячеек 150–350 мкм, не подходят в качестве имплантов, так как установлен факт выделения в среду частиц диоксида титана либо в физиологическом растворе, либо в гиалуронате натрия 1 %, что является нежелательным для организма.

**Выводы.** Впервые для оценки качества имплантируемого материала помимо стандартного инкубирования в физиологическом растворе был применен раствор гиалуроновой кислоты. Результаты исследований позволяют рекомендовать данный тест для практического использования.

### Литература

1. Имплантаты для хирургии. Металлические материалы: ГОСТ Р ИСО 5832-2-2020. – Введ. 20.08.2020. – М.: Рос. науч.-техн. центр по стандартизации, метрологии и оценке соответствия: Технический комитет по стандартизации ТК 453 «Имплантаты в хирургии», 2020. – 8 с.

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
Совет молодых ученых

# МОЛОДЕЖЬ В НАУКЕ 2024

Тезисы докладов  
XXI Международной  
научной конференции  
молодых ученых  
(Минск, 29—31 октября 2024 г.)

В двух частях

Часть 2

Медицинские,  
физико-  
математические,  
физико-технические  
науки,  
химия  
и науки о Земле

Минск  
«Беларуская навука»  
2024