ОЦЕНКА ЦИТОТОКСИЧНОСТИ ФОТОПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ IN VITRO МЕТОДОМ МТТ-ТЕСТА

Бондарев А. Д., Волков А. В.

Институт физиологии Национальной академии наук Беларуси
Минск, Беларусь

Введение. Аддитивные технологии широко применяются для изготовления функциональных изделий, прототипов и вспомогательных конструкций. Остаточные мономеры и компоненты фотоинициаторов, вымываемые из недостаточно отверждённого материала, способны оказывать цитотоксическое действие на клетки при контакте с биологическими средами [1], что делает оценку биосовместимости смол и эффективности постобработки необходимым этапом контроля качества.

Цель. Оценить цитотоксичность экстрактов необработанных и постобработанных образцов фотополимерных смол eResin-PLA Pro и Dental Yellow Clear методом МТТ-теста в динамике культивирования (1 и 3 суток) на клеточной линии С6.

Методы исследования. Объектом исследования являлись две фотополимерные смолы: eResin-PLA Pro (производства eSUN) и Dental Yellow Clear (производства HARZ Labs). Из напечатанных образцов этих смол (необработанных и постобработанных, каждая группа – n=3 независимых серии эксперимента) методом непрямого контактного тестирования согласно ISO 10993-5 [2] готовили экстракты: отверждённые изделия инкубировали в полной питательной среде (24 ч, 37°C, согласно ISO 10993-12) [3], после чего клетки С6 культивировали на полученном экстракте в течение 1 или 3 суток. Контроли: отрицательный (N), положительный (P), полная среда (S). Жизнеспособность оценивали методом МТТ в процентах от N с поправкой на фон (S). Значимость оценивали критерием Манна-Уитни с поправкой Холма: * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$, ns – незначимо.

Результаты и их обсуждение. На 1-е сутки культивирования клеток с экстрактом статистически значимых отличий жизнеспособности от отрицательного контроля не выявлено ни для одной из смол – ни для необработанных, ни для постобработанных образцов ($p=1,000$, ns для всех сравнений); значимо отличались от контроля только положительный контроль и полная среда ($p=0,017$). Состав экстракта при этом не менялся: варьировалась только длительность контакта клеток с ним, и за 1 сутки этого времени оказалось недостаточно для развития статистически регистрируемого повреждения клеток.

При увеличении длительности культивирования клеток с тем же экстрактом до 3 суток обе необработанные смолы показали статистически значимое снижение жизнеспособности относительно контроля ($p=0,0004$ для

Репозиторий ГрГМУ

каждой). Постобработка значимо повышала жизнеспособность для eResin-PLA Pro ($p=5{,}7\times10^{-6}$) и Dental Yellow Clear ($p=2{,}3\times10^{-4}$) (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние постобработки на жизнеспособность клеток С6 (МТТ-тест, 3и сутки культивирования с экстрактом)

Смола	Необработанные, %	Обработанные, %	Δ, п.п.	p (Холм)
eResin-PLA Pro	7,3±13,6	78,0±40,1	+70,7	$5{,}7\times10^{-6}$ ***
Dental Yellow Clear	9,6±12,9	71,2±72,0	+61,6	$2{,}3\times10^{-4}$ ***

Выводы. Цитотоксическое действие экстрактов фотополимерных смол eResin-PLA Pro и Dental Yellow Clear носит время-зависимый характер по отношению к длительности контакта клеток с экстрактом: при неизменном составе экстракта увеличение времени культивирования клеток с 1 до 3 суток приводит к статистически значимому снижению жизнеспособности для обеих необработанных смол. Постобработка статистически значимо снижает цитотоксичность экстрактов обеих смол, что подтверждает эффективность разработанного протокола постобработки для данных материалов.

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ по гранту «Анализ влияния фотополимерных 3D-конструкций на жизнеспособность клеточной культуры с применением методов глубокого обучения для обработки изображений» (договор № М25ИИ М-022 от 02.05.2025)

ЛИТЕРАТУРА

1. 3D printing of cell culture devices: assessment and prevention of the cytotoxicity of photopolymers for stereolithography / S. Kreß, R. Schaller-Ammann, J. Feiel [et al.] // Materials. – 2020. – Vol. 13, № 13. – Art. 3011.

2. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 5. Исследования на цитотоксичность методами invitro : ГОСТ ISO 10993-5-2023. – Введ. 01.06.2024. – М., 2023. – 26 с.

3. Изделия медицинские. Оценка биологического действия медицинских изделий. Часть 12. Отбор и подготовка образцов для проведения исследований : ГОСТ ISO 10993-12-2023. – Введ. 01.06.2024. – М., 2023. – 20 с.

Репозиторий БГМУ