

преимущественно за счет полярной составляющей до $(20,6 \pm 0,3)$ [мДж/м²]. Статистический анализ показал, что значимых различий краевого угла смачивания, а также поверхностной энергии между сторонами материала не выявлено, $p > 0,05$.

В результате проведенных исследований выявлено, что пленки на основе поликапролактона имеют топографически разные стороны поверхности: более рельефную – внешнюю и гладкую внутреннюю, что отражается в параметрах шероховатости. Модификация поверхности плазмой увеличивает шероховатость данного материала. Пленки на основе поликапролактона обладают свойствами, близкими к гидрофобным, независимо от стороны поверхности. Воздействия плазмой увеличивает гидрофильность материала, снижая краевой угол смачивания на $9^\circ - 10^\circ$ (на 12% – 14%), а также увеличивает значения поверхностной энергии в большей мере за счет полярной составляющей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00648.

Список литературы

1. Ershuai Z., Chuanshun Z., Jun Y., Hong S. et al. Electrospun PDLGA/PLGA composite membranes for potential application in guided tissue regeneration // *Materials Science and Engineering*. – 2016. – № 58. – P. 278–285.
2. Okada H., Doken Y., Ogawa Y. Persistent suppression of the pituitary-gonadal system in female rats by three-month depot injectable microspheres of leuprorelin acetate // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 1996. – № 85. – P. 1044–1048.
3. Bredow L., Schwartzkopff J., Reinhard T. Regeneration of corneal endothelial cells following keratoplasty in rats with bullous keratopathy // *Molecular Vision*. – 2014. – № 20. – P. 683–690.

ВЛИЯНИЕ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА МОДИФИЦИРОВАННЫЕ В ПЛАЗМЕ ПЛЕНКИ ИЗ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА

Е.О. ФИЛИППОВА, Н.М. ИВАНОВА

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: bosyheo@tpu.ru

Поликапролактон как биodeградируемый полимер нашел свое широкое применение в медицине в качестве шовного материала, костных пластинок, брюшных сеток, стентов, скэффолдов, а также для систем доставки лекарственных средств [1, 2]. Особый интерес представляет применение поликапролактона в роли имплантата для роговицы [3]. Одним из основных требований к материалу является смачиваемая его поверхность [42], которая достигается путем воздействия на полимер низкотемпературной плазмой атмосферного давления. Однако, приобретенные свойства полимера после плазмы могут быть утеряны после процедуры стерилизации.

Таким образом, целью настоящего исследования является изучение влияния γ -стерилизации на поверхностные свойства пленок на основе поликапролактона после модификации низкотемпературной плазмой атмосферного давления.

Материалы и методы исследования

Исходные образцы пленок были получены в результате растворения поликапролактона (Нидерланды) в трихлорметане (CHCl_3) (Экрос, Россия). Через 48 часов, после испарения растворителя, сформированные полимерные пленки удаляли из чашки Петри.

Модификацию поверхности полученных пленок проводили с использованием экспериментальной установки низкотемпературной плазмы атмосферного давления. Время воздействия плазмой составило 30 с.

Стерилизацию производили с использованием γ -установки «Исследователь №52» с источником радионуклида ^{60}Co . Экспозиционная доза γ -излучения – 1 кГр (Si).

Электронная микроскопия поверхности полученных образцов выполнялась на микроскопе Hitachi S3400N Type II (Япония). Данные о строении поверхности пленок и ее шероховатости были получены с помощью лазерного сканирующего микроскопа «Olympus Lext Ols 4100» (США). Профиль шероховатости поверхности строился с точностью до 1 нм в программе Gwyddion 2.47. Краевой угол смачивания измерялся методом сидячей капли при комнатной температуре (25 ± 2)°С, с помощью прибора «KRÜSS Easy Drop DSA 20» (Германия). В исследовании использовались жидкости: деионизованная вода, глицерин, и N-гексан.

Результаты и обсуждение

Исследование структуры и морфологии пленок из поликапралоктона показало, что топография полученного материала зависит от стороны поверхности: внешняя, контактирующая с атмосферой, сторона имела более рельефную поверхность в отличие от более гладкой, контактирующей с чашкой Петри, внутренней. Исследование шероховатости поверхности показало среднюю шероховатость (R_a) внешней стороны пленки 0,03 мкм, внутренней – 0,02 мкм, среднеквадратичную шероховатость (R_q) внешней стороны 0,05 мкм, внутренней – 0,04 мкм, максимальную высоту шероховатости (R_t) внешней стороны 0,48 мкм, внутренней – 0,42 мкм. Однако, статистический анализ показал отсутствие значимых различий параметров шероховатости между сторонами материала, $p > 0,05$.

Анализ смачиваемости поверхности показал, что внутренняя сторона пленки обладает краевым углом смачивания воды $72,0^\circ \pm 2,2$, внешняя – $73,1^\circ \pm 3,1$, приближая свойства материала к гидрофобным. Поверхностная энергия γ пленок составила $34,47 \pm 0,59$ мДж/м², соотношение дисперсионной и поляризационной составляющих 1,3:1.

Воздействия плазмой увеличивает параметры шероховатости внутренней стороны поверхности пленок на основе поликапралоктона в 1,5 раз по сравнению с исходными пленками, при этом различия параметров между сторонами статистически незначимы ($p > 0,05$).

Исследование смачивания показало, что воздействие плазмой увеличивает гидрофильность пленки, снижая краевой угол смачивания внутренней стороны на $9^\circ - 10^\circ$ (на 12 – 14%), а также увеличивает значения поверхностной энергии преимущественно за счет полярной составляющей до $(20,6 \pm 0,3)$ [мДж/м²]. Статистический анализ показал, что значимых различий краевого угла смачивания, а также поверхностной энергии между сторонами материала не выявлено, $p > 0,05$.

Стерилизация γ -излучением не способствует существенным изменением параметров шероховатости: статистически значимых различий между обработанными плазмой образцами без стерилизации и со стерилизации выявлено не было, $p > 0,05$.

Исследование смачивания показало, что воздействие γ -лучей снижает угол смачивания материала после плазмы на $2^\circ - 3^\circ$, что статистически незначимо, $p > 0,05$.

В результате проведенных исследований выявлено, что пленки на основе поликапралоктона имеют топографически разные стороны поверхности: более рельефную – внешнюю и гладкую внутреннюю, что отражается в параметрах шероховатости. Модификация поверхности плазмой увеличивает (в 1,5 раз) шероховатость данного материала. Пленки на основе поликапралоктона обладают свойствами, близкими к гидрофобным, независимо от стороны поверхности. Воздействия плазмой увеличивает гидрофильность материала, снижая краевой угол смачивания на $9^\circ - 10^\circ$ (на 12% – 14%), а также увеличивает значения поверхностной энергии в большей мере за счет полярной составляющей. Стерилизация γ -излучением не способствует существенным изменением

параметров шероховатости и смачиваемости материала из поликапролактона после плазменной модификации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-08-00648.

Список литературы

1. Ershuai Z., Chuanshun Z., Jun Y., Hong S. et al. Electrospun PDLGA/PLGA composite membranes for potential application in guided tissue regeneration // *Materials Science and Engineering*. – 2016. – № 58. – P. 278–285.
2. Okada H., Doken Y., Ogawa Y. Persistent suppression of the pituitary-gonadal system in female rats by three-month depot injectable microspheres of leuprorelin acetate // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 1996. – № 85. – P. 1044–1048.
3. Bredow L., Schwartzkopff J., Reinhard T. Regeneration of corneal endothelial cells following keratoplasty in rats with bullous keratopathy // *Molecular Vision*. – 2014. – № 20. – P. 683–690.

ПРЕИМУЩЕСТВО АДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ФИБРИНА В СРАВНЕНИИ С КОЛЛАГЕНОМ И ФИБРОНЕКТИНОМ

М.Ю. ХАНОВА, В.Г. МАТВЕЕВА, Е.А. ВЕЛИКАНОВА, Т.В. ГЛУШКОВА, Л.В. АНТОНОВА
Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний

E-mail: khanovam@gmail.com

До сих пор не создано эффективных протезов малого диаметра. Полимерные материалы позволяют изготовить графт с требуемыми физико-механическими свойствами, но они не имеют сайтов клеточной адгезии, что снижает эффективность заселения клетками, в том числе эндотелиальными, и приводит к ряду нежелательных реакций в раннем и отсроченном периоде (тромбозы, гиперплазия неоинтимы, формирование кальцификатов). Для придания функциональных свойств каркасу используют различные модифицирующие покрытия, в том числе белки внеклеточного матрикса (ВКМ), среди которых наиболее популярны коллаген, фибронектин, фибрин. Мы провели сравнение адгезионных свойств данных белков для эндотелиальных клеток в статических и динамических условиях *in vitro*.

Цель работы: выбрать наиболее эффективный адгезионный белок для последующей модификации полимерных протезов сосудов малого диаметра.

Материалы и методы

Сосудистый протез изготавливали методом электроспиннинга на установке NANON-01A (МЕСС, Япония) из смеси 10%-го поли(ϵ -капролактона) (poly(ϵ -caprolactone), PCL, Sigma–Aldrich, США) и 5%-го поли(3-гидроксипропаноата-ко-3-гидроксибутирата) (poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate), PHBV, Sigma–Aldrich, США). Методом раздельной подачи коллаген I типа (Gibco, США) вводился в состав внутренней стенки графтов с концентрацией коллагена 5 мг/мл.

Покрытие внутренней поверхности графта фибронектином производили методом погружения в раствор фибронектина человека (Sigma, США) в концентрации 10 мкг/мл, для обработки стекол и планшетов раствор наливали на поверхность на 1 час для полимеризации с последующим отмыванием.

Получение фибрина проходило в два этапа: выделение преципитата фибриногена и полимеризация. Преципитат выделяли методом этаноловой криопреципитации из словной плазмы [1]. Полимеризацию фибриногена выполняли с помощью тромбина и хлорида