

УДК: 616.381-007.274-089.843-092.9:675.043.82

Липатов В.А., Инархов М.А., Ярмамедов Д.М., Лысанская К.В.

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНЧАТЫХ ИМПЛАНТАТОВ В ОПЫТАХ IN VITRO***ГБУ ВПО Курский государственный медицинский университет*

Резюме: Для предотвращения спаечной болезни брюшины и ее осложнений, возможным вариантом является применение полимерных пленчатых имплантатов, которые выполняют роль барьера между воспаленной или поврежденной поверхностью брюшины. В сравнительном аспекте производится анализ данных, полученных при изучении структурных и функциональных свойств каждого образца. Выявлены более оптимальные виды мембран для использования в абдоминальной хирургии.

Ключевые слова: полимер; хирургия; спайки; мембрана; имплант; пленка.

Lipatov, V. A., Inrow M. A., Yarmamedov D. M., Lisansky K. V.
**MORPHOLOGICAL AND PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES
POLYMERIC MEMBRANOUS IMPLANTS IN VITRO,**

Summary. To prevent adhesive disease of the peritoneum and its complications, possible option is the use of filmy polymer implants that act as a barrier between the inflamed or damaged the surface of the peritoneum. In a comparative perspective is the analysis of the data obtained in the study of the structural and functional properties of each sample. Identified more optimal types of membranes for use in abdominal surgery.

Keywords: polymer; surgery; adhesions; membrane; implant; film.

Введение. Спаечная болезнь занимает одно из ведущих мест в структуре осложнений абдоминальной хирургии. Значимость её растёт в связи с постоянным ростом числа и объёма операций на органах брюшной полости [1].

Предложено много этиологических и патогенетических обусловленных средств, предотвращающих процесс спаечной патологии брюшной полости. Имеются экспериментальные и клинические данные по эффективности применения средства «Мезогель», применяемого для первичного и рецидивного предотвращения спаечной болезни брюшины. Однако при наличии инородных тел, очагов хронического воспаления, жидкости, средства оказались не эффективными.

Возможным вариантом для профилактики образования спаек является применение материалов с медленными темпами деградации. Данные материалы обеспечивают изоляцию определенного участка от окружающих тканей, что предотвращает образование спаек в брюшной полости [2, 3].

Достаточно перспективными материалами с медленными темпами биodeградации являются полимерные пленчатые имплантаты (ППИ), разработанные ООО «Линтекс» (г. Санкт-Петербург) совместно с кафедрой Оперативной хирургии и топографической анатомии им. профессора А. Д. Мясникова Курского государственного медицинского университета. Однако применение полимерных пленчатых имплантатов невозможно без проведения их доклинических испытаний с изучением свойств каждого отдельного образца и в сравнительном аспекте.

Для того чтобы полимеры в медицине могли применяться без риска для жизни людей, они должны соответствовать ряду требований: быть физиологически безвредными, отличаться отсутствием токсичности, алергогенности, минимальным уровнем раздражения тканей организма, постоянством своих механических и химических свойств [4].

Цель исследования. В условиях эксперимента in vitro в сравнительном аспекте изучить морфологические и физико-механические свойства новых образцов полимерных пленчатых имплантатов для использования их при операциях на органах брюшной полости.

Материалы и методы. В качестве материалов для экспериментальных исследований были использованы образцы полимерных имплантатов на основе полимеров целлюлозы, разработанные ООО «Линтекс» (г. Санкт-Петербург): № 81 МН, № 82 МН, № 83 МН, № 84 МН, № 85 МН, № 86 МН, № 87 МН, которые отличались друг от друга различными технологиями изготовления (температурный режим, химические агенты и т. д.).

При изучении свойств полимерных пленчатых имплантатов было произведено: микрофотографирование образцов с помощью лабораторного микроскопа Levenhuk D320L на увеличении $\times 32$; определение рельефа участков образцов размером 10×10 мм в микрофотографиях с помощью программы PS (1407-1009-5992-0029-8509-6197); определение толщины полимерных пленчатых имплантатов с помощью электронного микрометра iGaging 0-1"/0.00005"; массы образцов размером 10×10 мм изучалась с помощью лабораторных механических весов; определение эластичности осуществлялась путем фиксации угла в момент нарушения целостности образца полимерного пленчатого имплантата с помощью транспортира; объем и плотность участков образцов размером 10×10 мм рассчитывалась с помощью MS Excel; определение в опыте адгезионной прочности «растяжением»; с помощью критерия Манна-Уитни была определена статистическая значимость отличий массы и толщины образцов с помощью программы «BIOSTAT»; выявление образца, обладающего наилучшими качествами, выполнялось с помощью ранжирования по Спирмену; при определении тенденции особенностей характеристик полимерных пленчатых имплантатов, производился расчет скользящих средних с учетом крайних уровней по формуле Урбаха.

Результаты исследования и их обсуждение.

Микрофотографирование образцов полимерных пленчатых имплантатов на увеличении $\times 32$ (рис. 1-7):

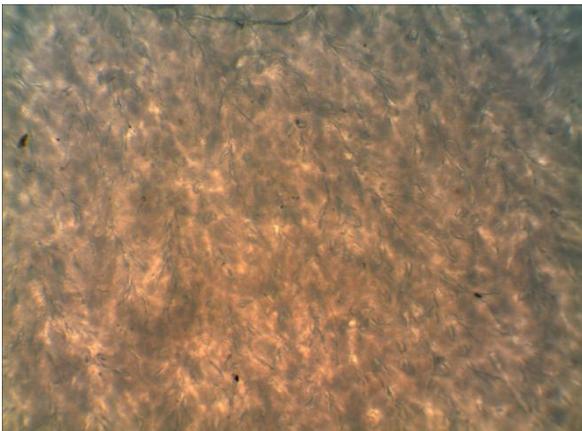


Рис. 1. Обр. № 81 МН R при ув. $\times 32$.

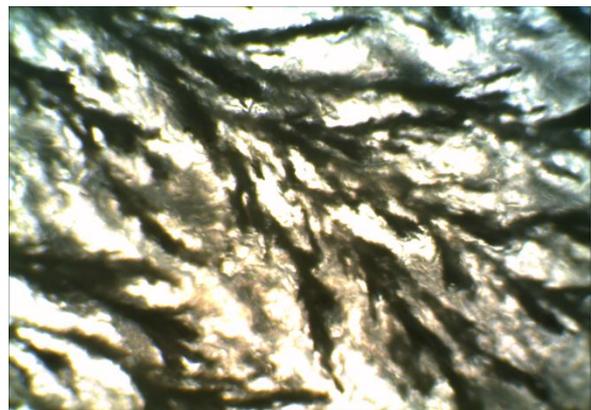


Рис. 2. Обр. № 82 МН R при ув. $\times 32$.



Рис. 3. Обр. № 83 МН R при ув. $\times 32$.



Рис. 4. Обр. № 84 МН R при ув. $\times 32$.



Рис. 5. Обр. № 85 МН R при ув. X32.

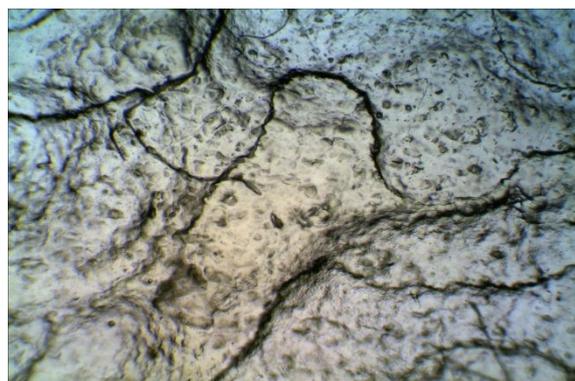


Рис. 6. Обр. № 86 МН R при ув. X32.

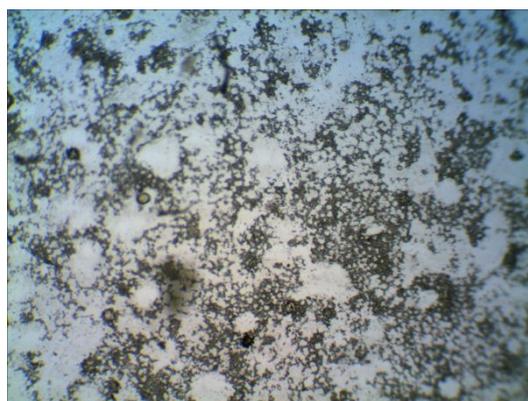


Рис. 7. Обр. № 87 МН R при ув. X32.

По результатам анализа микрофотографий, а также площади низких и высоких участков образцов (табл.1), отмечается следующее: образцы 84 МН, 81 МН, 83 МН и 85МН имеют неровную поверхность; образцы 87 МН, 86 МН, 82 МН имеют достаточно выраженную гладкую поверхность. Разность между максимальным и минимальным показателем полученных данных по площади высоких участков составила 88,13%.

Таблица 1

Площадь участков исследуемых образцов

Образец №	Площадь низких участков (%)	Площадь высоких участков (%)
81 МН	18,65	81,35
82МН	59,49	40,51
83 МН	38,35	61,65
84 МН	3,56	96,44
85 МН	40,29	59,71
86 МН	70,62	29,38
87 МН	91,69	8,31

При проведении исследования физико-механических свойств образцов полимерных пленчатых имплантатов были получены следующие результаты (табл.2).

Таблица 2

Свойства изучаемых полимерных имплантатов, размером 10x10 мм.

Образец	Масса, мг	Толщина, мм	Объем, мм ³	Плотность, мг/мм ³	Эластичность
81 МН	27,3 ±9,4	0,2 ±0,04	24,2 ±0,79	1,3 ±0,04	170° ±10°
82 МН	92,6 ±0,21	0,6 ±0,01	62,4 ±1,24	1,5 ±0,03	180° ±10°
83 МН	75,6 ±0,21	0,5 ±0,03	50,1 ±3,65	1,5 ±0,07	180° ±10°
84 МН	38,5 ±0,33	0,2 ±0,03	21,2 ±0,29	1,8 ±0,02	180° ±10°
85 МН	68,5 ±0,26	0,1 ±0,04	43,6 ±1,66	1,6 ±0,06	180° ±10°
86 МН	34,6 ±0,34	0,4 ±0,03	37,1 ±3,35	1,03 ±0,33	85° ±10°
87 МН	14,8 ±0,24	0,1 ±0,0	8,1 ±0,25	1,8 ±0,05	180° ±10°

Установлено, что образец полимерного плечатого импланта №87 МН обладает наименьшей массой и толщиной ($p < 0,005$), а образец №82 МН – максимальными показателями по данным критериям ($p < 0,005$). Разница в массе между двумя образцами составляет 77,75 мг, а по толщине 0,472мм ($p < 0,005$).

Наименьшая плотность обнаружена у образца № 86 МН, наибольшей обладает 87 МН образец. Разница между этими показателями составляет 0,797 мг/мм³ ($p < 0,005$).

Исследование эластичности показало, что все образцы обладают высокой эластичностью, кроме 86 МН, который теряет целостность при 85°±10° ($p < 0,005$).

При изучении адгезивных свойств, было выявлено, что этим свойством обладает только образец 87МН. Это дает ему преимущество перед другими образцами, поскольку если образец не будет обладать достаточной адгезивностью, то он перестанет выполнять свою первоопределенную функцию (герметизация, барьер и др.)

Для того чтобы образец мог использоваться в абдоминальной хирургии, он должен иметь наименьшие показатели по массе и толщине и плотности. Эластичность образца необходима для удобства использования хирургами при операциях, а также для полного прилегания его к поверхности поврежденного участка брюшины.

Для выявления образца, обладающего наилучшими качествами, было произведено ранжирование по Спирмену.

За наименьший ранг был взят наименьший показатель по исследуемому параметру, т.к. для использования ППИ в абдоминальной хирургии, целесообразно применять образцы, которые обладают наименьшей массой, толщиной, объемом и плотностью (табл. 3), что вызовет меньшую тканевую реакцию организма [5, 7].

Таблица 3

Результаты ранжирования по Спирмену

Образец	Масса	Толщина	Объем	Плотность	Сумма рангов
81 МН	2	4	3	2	11
82 МН	7	7	7	3	24
83 МН	6	6	6	4	22
84 МН	4	3	2	6	15
85 МН	5	1	5	5	16
86 МН	3	5	4	1	13
87 МН	1	2	1	7	11

Для более точного определения тенденции особенностей характеристик ППИ, производился расчет скользящих средних с учетом крайних уровней по формуле Урбаха (рис. 8).

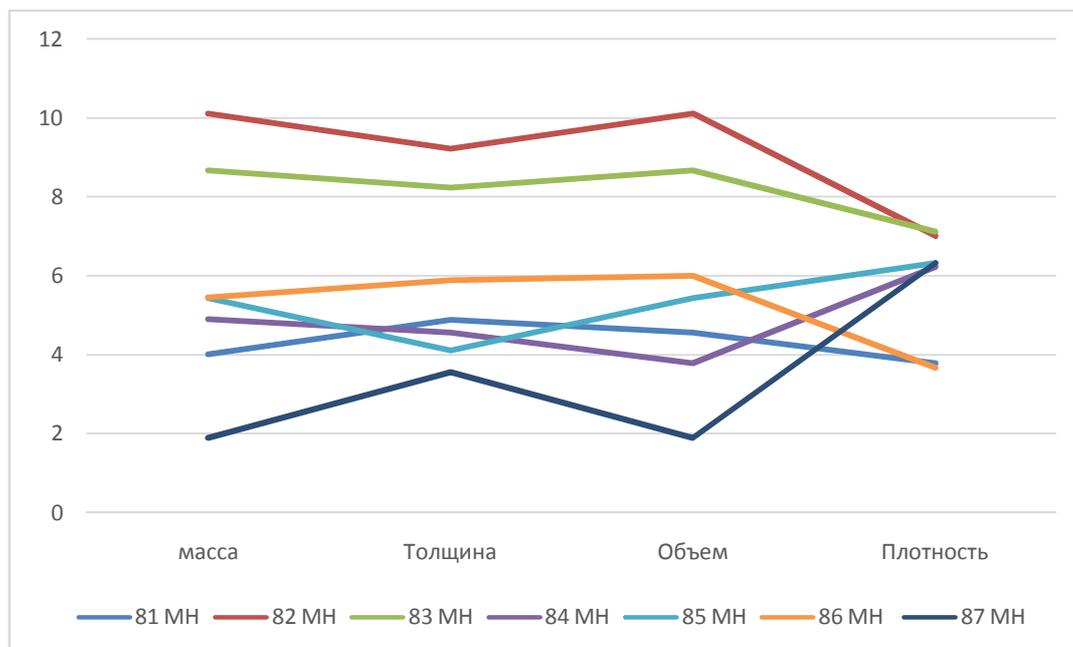


Рис. 8. График усредненных значений по Урбаху.

После визуализации усредненных значений по Урбаху (рис. 8) наглядно продемонстрировано, что образец № 87 МН обладает наилучшими качествами для использования его при операциях на органах брюшной полости.

Выводы.

С точки зрения морфологии наиболее подходящими для дальнейшего использования при операциях на органах брюшной полости являются образцы 81 МН, 83 МН и 84 МН. По физико-механическим характеристикам наиболее подходящим для применения в абдоминальной хирургии является мембрана № 87 МН. Результаты сравнительного анализа показывают, что наиболее подходящими для дальнейших исследований «in vivo» являются образцы 81 МН, 87 МН.

Литература.

1. Бойко В.В. Способ профилактики спайкообразования у ранее оперированных больных на органах брюшной полости / В.В. Бойко, Д.А. Евтушенко // Инновации в науке. 2013. №25. С. 177-18.
2. Динамика деградации полимерных пленчатых имплантатов в условиях эксперимента "in vitro" / В.А. Липатов [и др.] // Молодежный инновационный вестник. 2013. – Том 3, № 1. – С. 111-112.
3. Determining the protein drug release characteristics and cell adhesion to a PLLA or PLGA biodegradable polymer membrane / S.A. Burns [et al.] // Journal of Biomedical Materials Research Part A. – 2010. – №94A. – С. 27-37.
4. Influence of lipid membrane rigidity on properties of supporting polymer / M.S. Jablin [et al.] // Biophys journal. – 2011. – №101. – С. 128-133.
5. Ishimoto T. A Review of Molecular-Level Mechanism of Membrane Degradation in the Polymer Electrolyte Fuel Cell / T. Ishimoto, M. Koyama // Membranes. – 2012. – №2. – С. 395-414.
6. Mengbo Ji A Review of Water Management in Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells / Ji Mengbo, Wei Zidong // Energies. – 2009. – №2. – С. 1057-1106.
7. Nanocomposites for Improved Physical Durability of Porous PVDF Membranes / Chi Yan Lai [et al.] // Membranes. – 2014. – №4. – С. 55-78.
8. Preparation and Characterization of Nanocomposite Polymer Membranes Containing Functionalized SnO₂ Additives / R. Scipioni [et al.] // Membranes. – 2014. – №4. – С. 123-142;