

Физико–механические особенности бикомпонентных пленчатых имплантатов на основе полимеров целлюлозы

© В.А. ЛИПАТОВ, Д.М. ЯРМАМЕДОВ, А.В. ДАВЫДОВА

Курский государственный медицинский университет, ул. К. Маркса, д. 3, Курск, 305004, Российская Федерация

Актуальность. Спаечная болезнь является одним из грозных осложнений с выраженным симптомокомплексом нарушений функционирования органов желудочно–кишечного тракта. Частота данной патологии в раннем послеоперационном периоде при операциях на органах брюшной полости достигает 11% среди 19–25% всех осложнений. До настоящего времени остается актуальным поиск и разработка способов и средств укрепления линии швов и повышения герметичности межкишечных анастомозов. Поэтому перспективы использования полимеров и разработка такого научного направления как имплантология в медицинской практике неограничены.

Цель. В условиях эксперимента *in vitro* в сравнительном аспекте изучить физико–механические особенности полимерных образцов.

Материалы и методы. Бикомпонентные рассасывающие пленчатые имплантаты на основе полимеров целлюлозы. Проводилось микрофотографирование полимерных пленчатых имплантатов с помощью лабораторного микроскопа Levenhuk D320L при увеличении $\times 80$. С помощью электронного микрометра iGaging 0-1"/0.00005 измерена толщина экспериментальных образцов. Мембраны размером 10×10 мм взвешены с помощью лабораторных весов. Были рассчитаны объем и плотность образцов размером 10×10 мм. Определение эластичности проводилось путем фиксации угла в момент нарушения целостности образца полимерного пленчатого имплантата в нативном состоянии.

Результаты. Было выявлено, что важной особенностью данных имплантатов является их двусторонняя структура, которая обеспечивает ее более плотную фиксацию к поврежденному участку и в то же время достаточное разобщение с окружающей тканью. Таким образом нами были отобраны образцы №6, №1, которые могут быть использованы для дальнейших исследований *in vivo*.

Заключение. Благодаря разнообразию мембран по своим свойствам и функциям, возможно разностороннее применения полимерных имплантатов, что скажется на необходимости и значимости применения выбранных образцов в экспериментальной и клинической имплантологии.

Ключевые слова: хирургия, спайки, имплантаты, полимеры, мембрана, адгезия

Physico–mechanical Features of Bicomponent Membranous Implants Based on Polymers of Cellulose

© V.A. LIPATOV, D.M. YARMAMEDOV, A.V. DAVYDOVA

Kursk state medical University, 3 Karl Marx str., Kursk, 305004, Russian Federation

Relevance. Adhesive disease is one of the threatening complications with a pronounced symptom complex of the dysfunctions of the organs of the gastrointestinal tract. The frequency of this pathology in the early postoperative period with operations on the abdominal organs reaches 11% among 19–25% of all complications. To date, the search and development of methods and means to strengthen the suture line, as well as improving of the hermeticity of inter-intestinal anastomoses remain relevant. In this regard, the prospects for the use of polymers and the development of such scientific areas as implantology in medical practice are unlimited.

Purpose. The aim of the study was to study the physical and mechanical features of polymer samples in a comparative aspect under the conditions of *in vitro* experiment.

The materials. Bi-component absorbable film implants based on cellulose polymers.

The methods. Microphotography of polymer film implants was carried out using a laboratory microscope Levenhuk D320L at magnification $\times 80$. The thickness of the experimental samples was measured using an electronic micrometer iGaging 0-1" / 0.00005. Membranes with a size of 10×10 mm weighed using a laboratory balance. The volume and density of samples 10×10 mm were calculated. Determination of elasticity was carried out by fixing the angle at the moment of the integrity of the sample of the polymeric film implant in the native state.

The results. It was found that an important feature of these implants is their bilateral structure, which provides a more dense fixation to the damaged area and at the same time sufficient separation from the surrounding tissue. Thus, we selected samples No. 6, No. 1, which can be used for further *in vivo* studies.

The conclusion. Due to the variety of membrane properties and functions, it is possible to use polymer implants in many ways, which will affect the necessity and importance of using the selected samples in experimental and clinical implantology.

Key words: surgery, adhesions, implants, polymers, membrane, adhesion

В медицине существует множество нерешенных задач, некоторые из них на сегодняшний день являются серьезной проблемой, в частности, в клинической хирургии. В хирургической гастроэнтерологии до настоящего времени используются оперативные вмешательства, отдельные этапы которых сопряжены с нарушением целостности дигестивной трубки, например, стенки кишечника. Это обстоятельство грозит, с одной стороны, несостоятельностью швов и выходом содержимого в свободную брюшную полость, с другой - формированием избыточной соединительной ткани вокруг места интервенции.

Абдоминальный фиброз приводит к деформации участка органа и нарушению его функционирования, что зачастую вызывает различного рода осложнения. Несмотря на большое количество исследований, этиология и патогенез формирования спаек недостаточно изучены, а также не существует надёжных средств и методов профилактики спаечной болезни органов брюшной полости и ее лечения [3].

Бикомпонентные полимерные пленчатые имплантаты обеспечивают наиболее плотную и надежную фиксацию благодаря тому, что одна из сторон обладает достаточно высокими адгезивными свойствами, в то время как другая сторона таких свойств не имеет [4, 5]. Из-за своих физиологических особенностей они способны сворачиваться до определенного уровня, плотно прилегая к органу [6, 7, 8]. Безусловно, именно бикомпонентность может стать перспективной разработкой в борьбе со спаечной болезнью.

Для обоснования выбора наиболее оптимальных вариантов разработанных образцов, требуются их исследования с определенными функционально значимыми параметрами, которые обуславливают их клиническую эффективность.

Цель исследования. В условиях эксперимента *in vitro*, в сравнительном аспекте изучить определенные свойства новых образцов полимерных пленчатых имплантатов для использования их при операциях на органах брюшной полости.

Материалы и методы

Материалом для данных экспериментальных исследований послужила серия опытных образцов: 1, 2, 3, 4, 5, 6, изготовленных на основе полимера целлюлозы, которые отличались друг от друга различными технологиями изготовления.

Для достижения поставленной цели было проведено микрофотографирование полимерных пленчатых имплантатов с помощью лабораторного микроскопа LevenhukD320L при увеличении $\times 80$. С помощью электронного микрометра iGaging0-1"/0.00005 измерена толщина и определен рельеф экспериментальных образцов. Мембраны размером 10×10 мм взвешены с помощью лабораторных весов. Были рассчитаны объем и плотность образцов размером 10×10 мм. Определение эластичности проводилось путем фиксации угла в момент нарушения целостности образца полимерного пленчатого имплантата в нативном состоянии с помощью транспорта.

$V=a*b*c$, где V-объем [мм³], а-длина [мм], b-ширина [мм], c-толщина участка образца [мм];

$\rho=m/V$, где ρ -плотность [мг/мм³], m- масса [мг], V-объем участка образца [мм³].

В конце исследования было применено ранжирование по Спирмену

Результаты и их обсуждение

По результатам проведенного исследования, было выявлено, что самым легким является образец размером 10×10 мм №6 с массой 4,72±0,11 мг, а образец №5 обладает максимальным показателем по данному критерию, значение которого составило 69,1±0,31мг (табл. 1). По результатам анализа объема участков исследуемых образцов, было отмечено, что образец №5 имеет наибольшее значение 7,36±2,54 мм, мм³. Наименьший показатель у образца № 6 и составил 4,22±0,36 мм, мм³. Полимерный пленчатый имплантат №6, в свою очередь, оказался и самым тонким образцом, его толщина составила 0,042±0,01 мм, напротив, самую большую толщину имеет полимер №5 - 0,736±0,02 мм.

Таблица 1 / Table 1

Показатели массы, толщины, объема, плотности и эластичности мембран размером 10×10 мм / The indicators of weight, thickness, volume, density and elasticity of the membranes with a size of 10×10 mm

Образец/ Sample	Масса участка 10×10 мм, мг/The mass of the section of 10×10 mm,mg	Толщина, мм/ Thickness, mm	Объем участка 10×10 мм, мм ³ /The volume of the section 10×10 mm, mm ³	Плотность участка 40×40 мм, мг/мм ³ / The density of the section of 40×40 mm, mg/mm ³	Эластичность образца толщиной 10 мм / The elasticity of the sample with a thickness of 10-10 mm
1	46,25 ±0,26	0,2573 ±0,00	26,03 ±1,16	1,779 ±0,75	110±1,5
2	26,84 ±0,64	0,196 ±0,00	19,66 ±0,74	1,364 ±0,05	90±0,5
3	49,2 ±0,42	0,2403 ±0,01	24,03 ±1,20	2,038 ±0,12	140±1,4
4	39,15 ±0,41	0,2404 ±0,03	24,04 ±3,08	1,643 ±0,15	110±1,2
5	69,1 ±0,31	0,736 ±0,02	73,61 ±2,54	0,938 ±0,03	180±1,5
6	4,72 ±0,11	0,042 ±0,01	4,22 ±0,36	1,125 ±0,86	115±0,5

Таблица 2 / Table2

Рельеф исследуемых образцов / Relief of the studied samples

Образец № / Sample №	Сторона 1/ Side 1		Сторона 2/ Side 2	
	«высоких» участков, пк / "high" areas, pix	«низких» участков, пок / "low" areas, pix	«высоких» участков, пок / "high" areas, pix	«низких» участков, пок / "low" areas, pix
1	62,54	37,45	75,29	24,70
2	25,28	74,71	13,67	86,32
3	77,41	22,58	63,77	36,22
4	38,49	61,50	40,43	59,56
5	6,05	93,94	34,80	65,19
6	85,04	14,95	85,40	14,59

Наибольшее значение плотности при изучении образцов соответствовало полимеру №3, что больше в 1,1 в сравнении с образцом №5.

Исследования эластичности показали, что образец №5 при сгибании под углом 180°, не теряет своей целостности, что нельзя сказать про остальные образцы, которые теряют свою структуру уже при сгибании под углом в 80°. Благодаря такой особенности данный образец сможет более точно повторять контуры и изгибы части органа, на который был наложен имплантат, что обеспечит максимально плотную фиксацию к поврежденному участку.

По результатам анализа толщины, массы и объема исследуемых мембран размером 10×10 мм, выявлено, что образец №6 является самым тонким, легким и обладает наименьшим объемом среди всех остальных. Противоположным этому образцу является образец №5, который является самым плотным, тяжелым и обладает наибольшим объемом. На основе сделанных выводов, можно утверждать, что образец №5 не подходит для дальнейшего клинического исследования, в связи со своими физическими свойствами.

Из полученных данных анализа плотности исследуемых образцов, следует вывод, что полимеры №6 и №5 размером 10×10 мм обладают самой низкой плотностью. Обладатель самой высокой плотности яв-

ляется образец №3. На основании результатов можно сделать вывод, что только образцы №6 и №5 смогут обеспечить максимально плотную фиксацию к поврежденному участку.

Определение рельефа участков образцов размером 10×10 мм производилось по микрофотографиям, сделанным при помощи лабораторного микроскопа Levenhuk D320L при увеличении ×80 (табл. 2).

По результатам анализа микрофотографий исследуемых образцов можно отметить следующее: полимерные пленчатые имплантаты №1, №3, №6 обладают наибольшей площадью «высоких участков». Самая гладкая поверхность участков у образцов №2, №4, №5. На основе полученных данных можно сделать вывод, что имплантаты с наибольшей площадью «низких участков» отличаются лучшим контактом с поврежденным участком и за счет возникшей адгезии, могут обеспечить максимальную герметичность, что является одним из важных характеристик образцов, которые в дальнейшем могут быть использованы во время оперативного вмешательства.

С целью выявления наилучшего образца полимерного импланта по данным комплексного исследования в условиях *in vitro* было использовано ранжирование (табл. 3).

Таблица 3 / Table3

Ранжирование образцов / Ranking of the samples

Образец / Sample	Исследуемая характеристика, ранг / Study characteristics, grade							Сумма / Sum
	Масса, мг/ weight, mg	Толщина, мм / Thickness, mm	Объем, мм ³ / Volume, mm ³	Плотность, мг/мм ³ / Density, mg/ mm ³	Эластичность, / Elasticity,	Рельеф, пок / Relief, pix		
						1 ст / 1 side	2 ст/ 2 side	
1	4	6	5	5	5	3	2	20
2	2	2	2	3	6	5	6	26
3	5	4	3	6	2	2	3	25
4	3	5	4	4	4	4	4	28
5	6	3	6	1	1	6	5	28
6	1	1	1	2	3	1	1	10

Минимальное значение ранга присвоено образцам с наиболее физиологичными для организма характеристиками (минимальное значение массы, толщины, объема, плотности, максимальное значение эластичности), затем полученные ранги суммировались (табл. 3). Импланты, набравшие наименьшее количество баллов (№6, №1) являются наиболее приемлемыми образцами для дальнейшего экспериментально исследования в условиях *in vivo*.

Таким образом, благодаря определению физико-механических свойств бикомпонентных пленчатых имплантатов, мы можем выбрать наиболее подходящие образцы для имплантации и проведения дальнейшей научной исследовательской работы в условиях *in vivo*.

Список литературы

1. Инархов М.А., Липатов В.А., Затолокина М.А., Ярмамедов Д.М., Лазаренко С.В. К вопросу изучения физико-механических свойств и особенностей новых деградируемых полимерных пленчатых имплантов для операций на органах брюшной полости. *Курский научно-практический вестник "Человек и его здоровье"*. 2016; 3: 67-73.
2. Кузнецов В.П., Баумгартэн М.И., Невзоров Б.П., Фадеев Ю.А. Адгезия в композиционных материалах: термины и физическая сущность. *Вестник Кемеровского Государственного Университета*. 2014; 2: 173-177.
3. Starodubtseva MN, Yegorenkov NI, Nikitina IA. Thermo-mechanical properties of the cell surface assessed by atomic force microscopy. *Micron*. 2012; 43: 12: 1232-1238.
4. Кузнецов В.П. Адгезия в клеевом соединении: термины и физическая сущность. *Вестник КемГУ*. 2014; 1: 170-174.
5. Saed GM, Fletcher NM, Diamond MP. The Creation of a Model for Ex Vivo Development of Postoperative Adhesions. *Reprod. Sci.* 2016; 23(5): 610-2.
6. Чердынцев В.В., Сенатов Ф.С., Максимкин А.В., Степашкин А.А. Деформационные характеристики пленок СВМПЭ при растяжении. *Современные проблемы науки и образования*. 2013; 5.
7. Штильман М.И. Биодegradация полимеров. *Забайкальский медицинский вестник*. 2015; 8: 2: 113-130.
8. Липатов В.А., Ярмамедов Д.М., Гокин А.Г. Исследование показателей рельефа и адгезии двухслойных антибактериальных мембран. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2017; 19: 3: 48-50.

Информация об авторах

1. Давыдова Анна Владимировна - студентка Курского государственного медицинского университета, e-mail: Valipatov@yandex.ru
2. Ярмамедов Дмитрий Муталифович - ассистент кафедры офтальмологии Курского государственного медицинского университета, e-mail: D-yarmamedov@yandex.ru
3. Липатов Вячеслав Александрович - д.м.н. профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Курского государственного медицинского университета, e-mail: anna.dav412@mail.ru

Цитировать:

Липатов В.А., Ярмамедов Д.М., Давыдова А.В. Физико-механические особенности бикомпонентных пленчатых имплантатов на основе полимеров целлюлозы. *Вестник экспериментальной и клинической хирургии* 2018; 11: 1: 51-54. DOI: 10.18499/2070-478X-2018-11-1-51-54.

To cite this article:

Lipatov V.A., Yarmamedov D.M., Davydova A.V. Physico-mechanical Features of Bicomponent Membranous Implants Based on Polymers of Cellulose. *Journal of experimental and clinical surgery* 2018; 11: 1: 51-54. DOI: 10.18499/2070-478X-2018-11-1-51-54.

Полученные результаты в будущем помогут открыть перспективы применения пленчатых полимерных имплантатов для лечения и профилактики различных заболеваний, связанных с хирургическим вмешательством.

Вывод

На основании результатов исследования было выявлено, что образцами с наиболее физиологичными имплантатами для дальнейшего исследования в условиях *in vitro* являются образцы №6 и №1.

Дополнительная информация

Конфликт интересов

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

References

1. Inarkhov MA, Lipatov VA, Zatolokina MA, Iarmamedov DM, Lazarenko SV. Study of physico-mechanical properties and features of the new degraded polymeric-film implants for operations on the abdominal organs. *Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik "Chelovek i ego zdorov'e"*. 2016; 3: 67-73. (in Russ.)
2. Kuznetsov VP, Baumgarten MI, Nevzorov BP, Fadeev IuA. Adhesion in composite materials: terms and physical entity. *Vestnik Kemerovskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2014; 2: 173-177. (in Russ.)
3. Starodubtseva MN, Yegorenkov NI, Nikitina IA. Thermo-mechanical properties of the cell surface assessed by atomic force microscopy. *Micron*. 2012; 43: 12: 1232-1238.
4. Kuznetsov VP. Adhesion in the adhesive joint: terms and physical entity. *Vestnik KemGU*. 2014; 1: 170-174. (in Russ.)
5. Saed GM, Fletcher NM, Diamond MP. The Creation of a Model for Ex Vivo Development of Postoperative Adhesions. *Reprod. Sci.* 2016; 23(5): 610-2.
6. Cherdyn'tsev VV, Senatov FS, Maksimkin AV, Stepashkin AA. Deformation characteristics of the films of UHMWPE tensile. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2013; 5. (in Russ.)
7. Shtil'man MI. Biodegradation of polymer. *Zabaikal'skii meditsinskii vestnik*. 2015; 8: 2: 113-130. (in Russ.)
8. Lipatov VA, Iarmamedov DM, Gokin AG. The study of the topography and adhesion of two-layer antibacterial membranes. *Zdorov'e i obrazovanie v XXI veke*. 2017; 19: 3: 48-50. (in Russ.)

Information about the Authors

1. Anna Vladimirovna Davydova - student of Kursk state medical University, e-mail: Valipatov@yandex.ru
2. Dmitry Motalovich Yarmamedov - assistant of the Department of ophthalmology of Kursk state medical University, e-mail: D-yarmamedov@yandex.ru
3. Vyacheslav Aleksandrovich Lipatov - M.D., Sciences Professor, Department of operative surgery and topographic anatomy, Kursk state medical University, e-mail: anna.dav412@mail.ru