

УДК 616-77

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАНДАРТНЫХ, ЛЕГКИХ И КОМПОЗИТНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ ДЛЯ ПЛАСТИКИ БРЮШНОЙ СТЕНКИ ПОСЛЕ ИХ ИМПЛАНТАЦИИ

¹Нетяга А.А., ²Парфенов А.О., ³Жуковский В.А.

¹ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет Минздрава России»,
Курск, e-mail: andr-net@ya.ru;

²ФГКВБОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова МО РФ»,
Санкт-Петербург, e-mail: parfenov_anton@mail.ru;

³ООО «Линтекс», С.-Петербург

В статье представлены результаты экспериментального исследования эндопротезов Эсфил стандартный, Унифлекс стандартный, Эсфил легкий, Ультра-Про при имплантации в ткани брюшной стенки экспериментальных животных. По данным макроскопического анализа установлено, что при имплантации стандартных эндопротезов Эсфил и Унифлекс отмечается полное прорастание и формирование полноценной соединительно-тканной капсулы к 30 суткам эксперимента. В результате проведенных биомеханических испытаний наиболее эластичный комплекс, состоящий из эндопротеза и соединительнотканной капсулы, при измерении как вдоль петельного ряда, так и вдоль петельного столбика формировался в группах Унифлекс стандартный и Эсфил легкий. Результаты исследования показали, что все эндопротезы (стандартные, легкие и композитные) обладают различными физико-механическими свойствами. Эти различия могут определять характер течения раневого процесса после имплантации и качество образовавшейся соединительной ткани вокруг материалов. Таким образом, для профилактики осложнений, связанных с негативным влиянием эндопротеза на брюшную стенку, перспективным является использование материалов, способствующих формированию наиболее эластичной и наименее грубой соединительнотканной капсулы. К таким материалам можно отнести легкие варианты эндопротезов, а также имплантаты, изготовленные на основе поливинилиденфторида.

Ключевые слова: грыжа живота, эндопротез Эсфил стандартный; эндопротез Унифлекс стандартный; эндопротез Эсфил легкий; эндопротез Ультра-Про

COMPARATIVE EXPERIMENTAL STUDY OF THE BIOMECHANICAL PROPERTIES OF THE STANDARD, LIGHT AND COMPOSITE MESHES FOR ABDOMINAL WALL AFTER IMPLANTATION

¹Netyaga A.A., ²Parfenov A.O., ³Zhukovsky V.A.

¹Kursky State Medical University, Kursk, e-mail: andr-net@ya.ru;

²Military Medical Academy named S.M. Kirov, St. Petersburg, e-mail: parfenov_anton@mail.ru;

³Lintex, St. Petersburg

The article sumps up the results of experimental study of mesh Esfil standard, Uniflex standard, Esfil light, Ultra-Pro implanted in the abdominal wall tissue of experimental animals. According to the macroscopic analysis found that the implantation of standard implants and Esfil Uniflexes marked complete germination and the formation of high-grade connective tissue capsule for 30 days of the experiment. As a result of biomechanical testing the most flexible complex consisting of implant and connective tissue capsule, as measured along the loop series and along the wales formed in groups Uniflex and Esfil standard and easy. The results showed that all implants (standard light and composite) possess different physical and mechanical properties. These differences may determine the nature of the wound after the implantation process and the quality of the formed connective tissue surrounding materials. Thus, for the prevention of complications associated with the negative impact of the endoprosthesis to the abdominal wall, promising is the use of materials that contribute to the formation of the most flexible and least coarse connective tissue capsule. Such materials include light endoprostheses embodiments, as well as implants made of polyvinylidene fluoride-based.

Keywords: abdominal hernia, mesh Esfil standard; Uniflex standard, mesh Esfil light; mesh Ultra-Pro

Герниопластика без натяжения с использованием для закрытия дефекта брюшной стенки эндопротезов в последнее десятилетие доказала свои неоспоримые преимущества: удалось снизить частоту рецидивов с 10–30 до 0,1–1%, уменьшение операционной травмы, возможность отказа от наркотических анальгетиков, сокращение времени пребывания больного в стационаре, упрощение операционной техники [1, 5, 6].

Однако по мере накопления клинического опыта и получения новых данных фундаментальных исследований выяснилось, что применение стандартных эндопротезов приводит к развитию у пациентов таких осложнений, как нарушение функции брюшного пресса, боль в области послеоперационного рубца, появление парестезий и чувства инородного тела, что значительно снижает качество жизни пациентов [8, 9, 12, 13].

Считается, что путем решения этой проблемы является создание эндопротезов со сниженным количеством материала. Это достигается увеличением размера ячейки в структуре сетчатого эндопротеза, использованием нитей меньшего диаметра (легкие эндопротезы), введением в структуру рассасывающихся нитей (композитные материалы) [2]. Как показывают литературные данные, вокруг таких материалов, имплантированных в ткани брюшной стенки, формируется более тонкая, менее грубая и более эластичная соединительно-тканная капсула, что позволяет уменьшить количество имплантат-ассоциированных осложнений и адаптировать эндопротез к физиологическим параметрам брюшной стенки [3, 4]. Так, результаты клинических исследований композитных материалов Vipro, Vipro II, Ultrapro (Johnson & Johnson, USA) показывают их преимущества перед стандартными эндопротезами [10, 15].

Однако в литературе отсутствуют данные, подтверждающие данное преимущество легких и композитных материалов, заключающиеся в особенностях реакции соединительной ткани на имплантат, что и послужило целью настоящего исследования.

Материалы и методы исследования

Для реализации цели исследования нами были использованы следующие эндопротезы: Эсфил стандартный – классический сетчатый эндопротез из монофиламентного полипропилена (ПП); Унифлекс стандартный – эндопротез из поливинилиденфторидных (ПВДФ) моноплетей; Эсфил легкий, обладающий меньшей материалоемкостью в сравнении со стандартным аналогом. Все материалы производства ООО «Линтекс», г. Санкт-Петербург. Для сравнения использовали композитный эндопротез Ультрапро, состоящий из нерассасывающихся монофиламентных ПП волокон и рассасывающихся полиглекапроновых волокон (Johnson & Johnson, США).

Эксперименты были выполнены на 36 кроликах. В условиях операционного блока с соблюдением правил асептики и антисептики указанные эндопротезы размером 50×100 мм имплантировались животным в область переднего отдела брюшной стенки по методике onlay. Животные выводились из эксперимента на 7, 30 и 90 сутки после операции. На этих сроках проводилось макроскопическое изучение реакции окружающих тканей на эндопротез и биомеханические испытания эндопротезов в сформированных соединительнотканых капсулах.

При макроскопическом исследовании фиксировали наличие осложнений (скопление серозной или геморрагической жидкости, наличие нагноений) и оценивали деформацию (сморщивание) эндопротеза, которую выражали в процентах уменьшения площади материала относительно его исходного размера.

Для биомеханических измерений отделяли сетки с их соединительнотканной капсулой от мышц и исследовали на разрывной машине РТ-250 в соответствии с ГОСТ 8847–85 и приложением к нему. Регист-

рировалось удлинение полоски при нагрузке 16 Н и разрывная нагрузка. При этом считали, что первый показатель характеризовал эластические свойства сформированной соединительнотканной капсулы, а второй – ее прочностные свойства. Для возможности сделать такое заключение аналогичным образом определяли исходные значения физико-механических свойств эндопротезов до их имплантации в ткани. Измерения проводили как в направлении петельного ряда, так и петельного столбика (рис. 1).

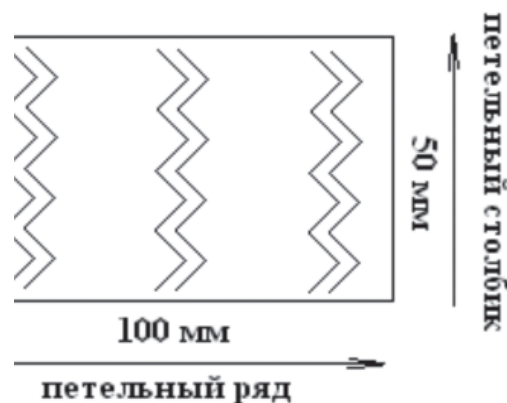


Рис. 1. Направление проведения измерений (схема)

Все количественные показатели, полученные в ходе исследования, были подвергнуты статистической обработке с использованием методов непараметрической статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

При аутопсии макроскопически было выявлено, что при имплантации стандартных эндопротезов Эсфил и Унифлекс отмечается полное прорастание и формирование полноценной соединительно-тканной капсулы к 30 суткам эксперимента. Однако при имплантации эндопротеза Унифлекс в сравнении с Эсфил формировалась более равномерная капсула без избыточной складчатости и утолщений, что подтверждалось меньшей степенью сморщивания этого материала на всех сроках наблюдения (рис. 2). Последний показатель может косвенно свидетельствовать о менее грубой соединительной ткани, формирующейся вокруг эндопротеза [12]. Меньшие показатели сморщивания материала и равномерное прорастание соединительной тканью отмечались и после имплантации материала Эсфил легкий. При имплантации эндопротеза Ультрапро на ранних сроках макроскопически отсутствовало прорастание соединительной тканью. На поздних сроках вокруг эндопротеза формировалась соединительно-тканная капсула с участками утолщения, выраженной деформацией и сморщиванием материала.

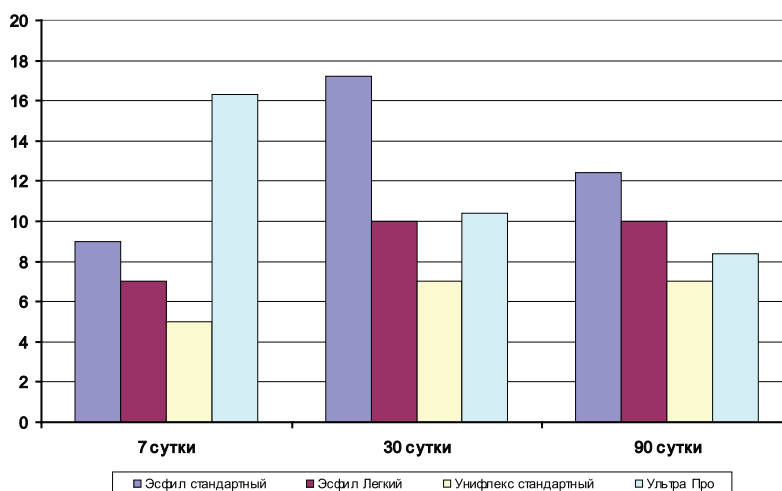
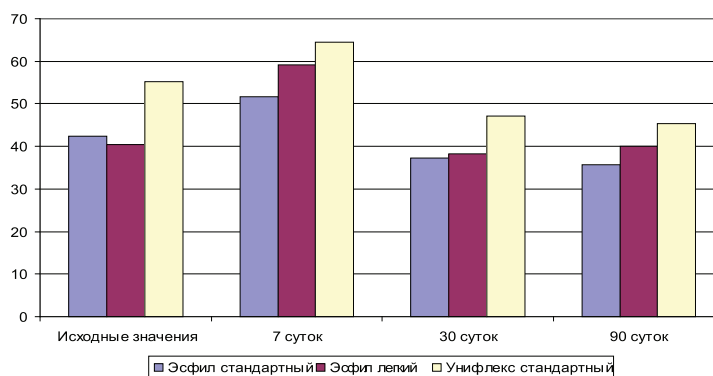


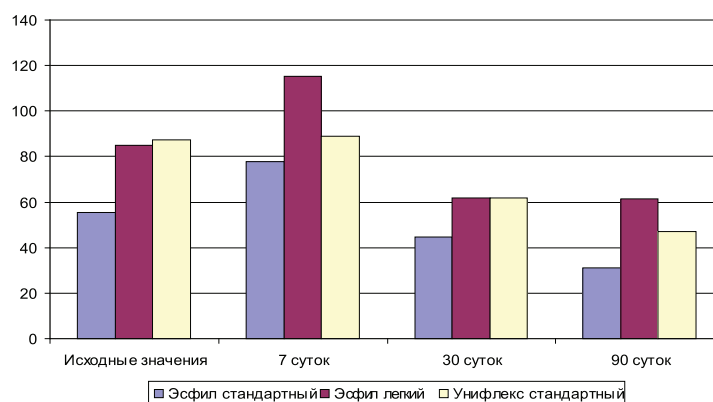
Рис. 2. Степень сморщивания изучаемых материалов

Далее, нами была предпринята попытка объяснить различия в полученных результатах исходными физико-механическими свойствами изучаемых эндопротезов, а именно – показателем эластичности, измеряемой величиной их удлинения при нагрузке 16 Н. Было выявлено, что исходно до им-

плантации в ткани наибольшая эластичность была характерна для эндопротезов Унифлекс стандартный и Эсфил легкий, особенно в направлении петельного столбика (рис. 3). Как было указано ранее, после имплантации этих материалов формировалась наиболее равномерная соединительнотканная капсула.



а



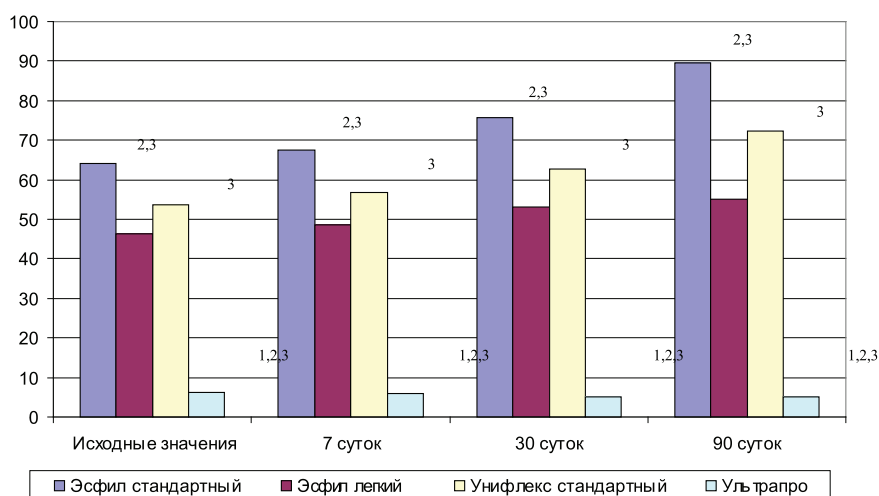
б

Рис. 3. Удлинение изучаемых материалов при нагрузке 16 Н до имплантации в ткани и в сформированной соединительнотканной капсуле на разных сроках после имплантации: а – в направлении петельного ряда; б – в направлении петельного столбика

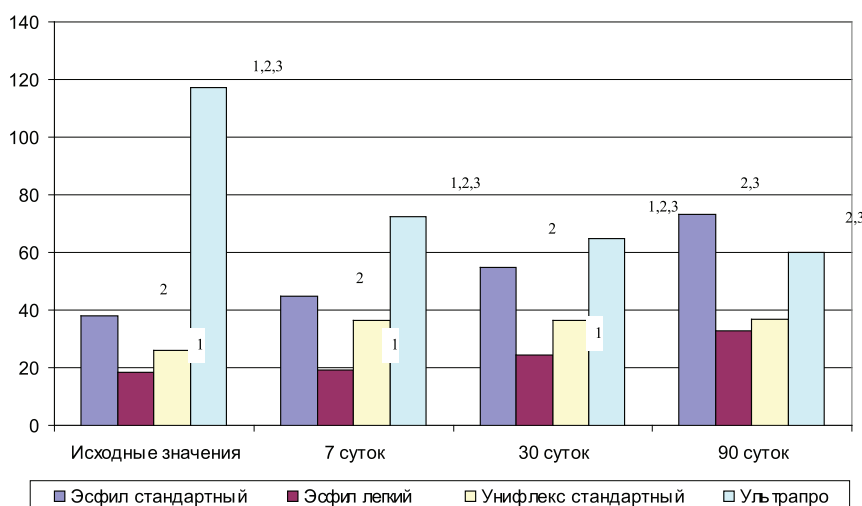
Как видно из рис. 3, в дальнейшем, после имплантации в ткани происходило изменение исходных показателей удлинения образцов при нагрузке 16 Н за счет образования вокруг эндопротезов соединительнотканной капсулы. Так, на 7 суток происходило увеличение удлинения с последующим снижением величины этого показателя, что отражало динамику физико-механических свойств формирующейся соединительной ткани. В результате, наиболее эластичный комплекс, состоящий из эндопротеза и соединительнотканной капсулы, при измере-

нии как вдоль петельного ряда, так и вдоль петельного столбика формировался в группах Унифлекс стандартный и Эсфил легкий. В группе Ультра Про данные измерения выполнить не представлялось возможным, поскольку в направлении петельного ряда при нагрузке менее 7 Н происходил разрыв образцов.

В то же время интерес представляла характеристика прочности формирующегося комплекса «эндопротез-соединительная ткань», измеряемая величиной разрывной нагрузки (рис. 4).



а



б

Рис. 4. Разрывная нагрузка изучаемых материалов до имплантации в ткани и в сформированной соединительнотканной капсуле на разных сроках после имплантации:

а – в направлении петельного ряда; б – в направлении петельного столбика.
Примечание: различия достоверны ($p < 0,05$) между эндопротезами:
1 – по отношению к Эсфил стандартный; 2 – по отношению к Эсфил легкий;
3 – по отношению к Унифлекс стандартный

Как видно из рис. 4, наибольшими прочностными характеристиками (вдоль петельного ряда) как до имплантации (исходные значения), так и после формирования комплекса «эндопротез-соединительная ткань» обладал эндопротез Эсфил стандартный, а вдоль петельного столбика – Ультрапро. В последнем случае происходило постепенное снижение прочностных свойств за счет биодеструкции рассасывающегося компонента композитного материала. Менее прочный «протезный апоневроз» был характерен для эндопротезов Эсфил легкий и Унифлекс стандартный.

Следовательно, результаты исследования показали, что все эндопротезы (стандартные, легкие и композитные) обладают различными физико-механическими свойствами. Эти различия могут определять характер течения раневого процесса после имплантации и качество образовавшейся соединительной ткани вокруг материалов.

Так, после имплантации в ткани наиболее эластичная и менее прочная (а соответственно и менее грубая) капсула формировалась при имплантации легких эндопротезов (Эсфил легкий). Однако сходные показатели были выявлены и при имплантации эндопротеза Унифлекс стандартный. Последнее может быть связано с исходно большей эластичностью поливинилиденфторида, что подтверждается литературными данными [11]. При макроскопической оценке изменений в тканях в этих группах отмечались минимальные признаки утолщений соединительно-тканых капсул, складчатости и деформации имплантированных материалов.

После имплантации композитного эндопротеза Ультрапро вокруг материала формировалась прочная, грубая и минимально эластичная соединительнотканная капсула. Макроскопически наблюдалось отсутствие прорастания материала соединительной тканью на ранних сроках и дальнейшее формирование капсулы с участками утолщения и деформацией материала. Это может быть связано с исходной анизотропией прочностных свойств эндопротеза, а также с наличием рассасывающегося компонента в его структуре, способствующей пролонгированию воспалительной реакции тканей после имплантации.

Заключение

Таким образом, для профилактики осложнений, связанных с негативным влиянием эндопротеза на брюшную стенку, перспективным является использование материалов, способствующих формиро-

ванию наиболее эластичной и наименее грубой соединительнотканной капсулы. К таким материалам можно отнести легкие варианты эндопротезов, а также имплантаты, изготовленные на основе поливинилиденфторида, которые, по данным литературы, превосходят полипропиленовые по биосовместимости [7].

Список литературы:

1. Егиев В.Н. Герниопластика без натяжения в лечении послеоперационных вентральных грыж / В.Н. Егиев, М.Н. Рудакова, М.В. Сватовский // Хирургия. – 2000. – № 6. – С. 18–22.
2. Жуковский В.А. Полимерные эндопротезы для герниопластики // Санкт-Петербург: Изд-во Эскулап, 2011. – С. 14–54.
3. Морфологическая характеристика тканевой реакции в зоне имплантации сетчатых эндопротезов PROLEN и VIPRO / Е.А. Дубова, Н.В. Филаткина, Д.В. Чижов, А.И. Щеголев // Герниология. – 2005. – № 4. – С. 30–34.
4. Сравнительная оценка тканевой реакции на имплантацию «тяжелых» и «облегченных» сеток, применяемых в герниологии / В.Н. Егиев, А.И. Щеголев, Е.А. Дубова, Д.В. Чижов, Н.В. Филаткина // Герниология. – 2006. – № 3. – С. 16.
5. Тимошин А.Д. Хирургическое лечение паховых и послеоперационных грыж брюшной стенки / А.Д. Тимошин, А.В. Юрасов, А.Л. Шестаков. – М.: Триада-Х, 2003. – 144 с.
6. Хирургия грыж брюшной стенки с пластикой «без натяжения» / В.А. Зотов, С.Г. Штофин, В.В. Шестаков, В.В. Овчинников // Вестник герниол. – М., 2006. – № 2. – С. 81–86.
6. Экспериментально-клиническая оценка применения эндопротеза на основе поливинилиденфторидных мононитерей для пластики брюшной стенки / Б.С. Суковатых, А.А. Нетяга, А.И. Бежин, Н.М. Валуйская [и др.] // Анналы хирургии. – 2009. – № 4. – С. 45–49.
8. Эндопротезирование брюшной стенки с лифтингом мышечно-апоневротических тканей гипогастриальной области в лечение вентральных грыж больших размеров / Б.С. Суковатых, Н.М. Валуйская, А.А. Нетяга, Е.В. Герасимчук, В.А. Жуковский // Человек и его здоровье. – 2012. – № 3. – С. 88–92.
9. Berrevoet F. Comparable results with 3-year follow up for large-pore versus small-pore meshes in open incisional hernia repair / F. Berrevoet, L. Maes, L. De Baerdemaeker // Surgery. – 2010. – № 5 – P. 969–975.
10. Impact of heavy polypropylene mesh and composite light polypropylene and polyglactin 910 on the inflammatory response / G. Di Vita, R. Patti, T. Barrera, F. [et al] // Surgical innovation. – 2010. – № 17. – P. 229–235.
11. Klinge U. PVDF as a new polymer for the construction of surgical meshes / U. Klinge, B. Klosterhalfen, A.P. Ottinger [et al] // Biomaterials. – 2002. – Vol. 23, № 16. – P. 3487–3493.
12. Klinge U. Shrinking of polypropylene mesh in vivo: an experimental study in dogs / U. Klinge, B. Klosterhalfen, M. Muller [et al] // Eur. J. Surg. – 1998. – Vol. 164, № 12. – P. 965–969.
13. Light weight meshes in incisional hernia repair / V. Shumpelick, U. Klinge, R. Rosh, K. Junge // J. Minim Fccess Surg. – 2006. – № 2. – P. 117–123.
14. Long term outcome and quality of life after open incisional hernia repair- light versus heavy weight meshes / R. Launder, C. Chuapponi, Q. Linhuber, T. Mussak // BMC Surg. – 2011. – № 11. – P. 25.
15. The effect of ultrapro or prolene mesh on postoperative pain and well-being following endoscopic Totally Extraperitoneal (TEP) hernia repair (TULP): study protocol for a randomized

controlled trial / N. Schouten, T. van Dalen, N. Smakman, S.G. Elias [et al] // *Trials*. – 2012. – № 1. – P. 76.

References

1. Egiev V.N., Rudakova M.N., Svatovsky M.V., Tension-free hernia repair in the treatment of postoperative ventral hernias, *Hirurgiya*, 2000, no. 6, pp. 18–22.
2. Zhukovsky V.A. Polymer implants for hernia repair, St. Petersburg: Publishing House of Aesculapius, 2011, pp. 14–54.
3. Dubova E.A., Filatkina N.V., Chizhov D.V., Schegolev A.I., Morphological characteristics of the tissue reaction to the implant mesh implants PROLEN and VIPRO, *Celology*, 2005, no. 4, pp. 30–34.
4. Egiev V.N., Schegolev A.I., Dubova E.A., Chizhov D.V., Filatkina N.V., Comparative evaluation of tissue response to the implantation of the «heavy» and «light-weight» nets used in herniology, *Celology*, 2006, no. 3, pp. 16.
5. Timoshin A.D., Yurasov A.V., Shestakov A.L. Surgical and post-surgical treatment of inguinal hernias of the abdominal wall. Moscow, Triada- X, 2003, pp. 144.
6. Zotov V.A., Shtofin S.G., Shestakov V.V., Ovchinnikov V.V., Hernia surgery of the abdominal wall with the plastic «tension-free», *Bulletin germiol*, Moscow, 2006, no. 2, pp. 81–86.
7. Sukovatykh B.S., Netyaga A.A., Bezhin A.I., Valuyskaya N.M. [etc.], Experimental and clinical evaluation of the use of the endoprosthesis based on PVDF plastic filaments for abdominal, *Annals of Surgery*, 2009, no. 4, pp. 45–49.
8. Sukovatykh B.S., Valuyskaya N.M., Netyaga A.A., Gerasimchuk E.V., Zhukovsky V.A., Endoprosthesis with the lifting of the abdominal wall muscle-aponeurotic tissue gipogastralnoy region in treatment of ventral hernias larger, *Kursk scientific and practical messenger «Man and his health»*, 2012, no. 3, pp. 88–92.
9. Berrevoet F., Maes L., Baerdemaeker L. De. Comparable results with 3-year follow up for large-pore versus small-pore

meshes in open incisional hernia repair, *Surgery*, 2010, no. 5, pp. 969–975.

10. Vita G. Di, Patti R., Barrera T., F. [et al], Impact of heavy polypropylene mesh and composite light polypropylene and polyglactin 910 on the inflammatory response, *Surgical innovation*, 2010, no. 17, pp. 229–235.
11. Klinge U., Klosterhalfen B., Ottinger A.P. [et al], PVDF as a new polymer for the construction of surgical meshes, *Biomaterials*, 2002. Vol. 23, no. 16, pp. 3487–3493.
12. Klinge U., Klosterhalfen B., Muller M. [et al], Shrinking of polypropylene mesh in vivo: an experimental study in dogs, *Eur. J. Surg.*, 1998. Vol. 164, no. 12, pp. 965–969.
13. Shumpelick V., Klinge U., Rosh R., Junge K. Light weight meshes in incisional hernia repair, *J. Minim Fecess Surg.*, 2006, no. 2, pp. 117–123.
14. Launder R., Chuapponi C., Linhuber Q., Mussak T. Long term outcome and quality of life after open incisional hernia repair-light versus heavy weight meshes, *BMC Surg.*, 2011, no. 11, pp. 25.
15. Schouten N., van Dalen T., Smakman N., Elias S.G. [et al], The effect of ultrapro or prolene mesh on postoperative pain and well-being following endoscopic Totally Extraperitoneal (TEP) hernia repair (TULP): study protocol for a randomized controlled trial, *Trials*, 2012, no. 1, pp. 76.

Рецензенты:

Бежин А.И., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой оперативной хирургии и топографической анатомии Курского государственного медицинского университета, г. Курск;

Иванов А.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гистологии, цитологии и эмбриологии Курского государственного медицинского университета, г. Курск.

Работа поступила в редакцию 17.10.2013.