

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШОВНОГО МАТЕРИАЛА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ НА ПЕЧЕНИ

© В.А. Липатов, Д.А. Северинов, А.А. Денисов, Н.Н. Григорьев, С.В. Лазаренко

ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России,
Курск, Россия

Принимая во внимание особенности кровоснабжения печени и структуру ее паренхимы, а вследствие этого и значительные трудности в достижении надежного гемостаза без дополнительной травматизации, хирургу необходимо быть осторожным при проведении оперативного пособия. Несмотря на большое количество современных методов достижения остановки паренхиматозного кровотечения многие практикующие специалисты отдают предпочтение классическим методам гемостаза, в т.ч. лигированию кровоточащих сосудов в толще органа при помощи специализированных швов. Одним из тяжелейших осложнений применения шовного материала является прорезывание ткани органа, что приводит к усилению кровотечения и расширению области повреждения. В настоящий момент тактика выбора шовного материала для выполнения оперативного пособия носит эмпирический характер. В связи с этим, цель данного исследования заключалась в проведении оценки физико-механических свойств шовного материала в зависимости от его структуры, а также разработке критерия выбора хирургических нитей для оперативного пособия. Для исследования производилось изъятие печени трупов лиц мужского пола от 35 до 40 лет, после чего из нее выделялись отдельные участки размерами 7,5×7×4 см. Затем наносили рану длиной 3 см, глубиной 2 см. Рану ушивали простым узловым швом, который не затягивали, а накладывали один простой полуузел. Для ушивания применяли кетгут, капрон крученный и нить полигликолидную. Обращали внимание на максимальное усилие на момент прорезывания (F_{max}) и степень вытяжения нити на момент прорезывания (L_u). Анализ полученных данных проводился на основе сравнения показателей F_{max} и L_u . Использование этого метода позволяет отказаться от эмпирического подхода к выбору шовного материала при операциях на печени, а также разработать критерий выбора хирургических нитей.

Ключевые слова: гемостаз; печень; шовный материал; физико-механические свойства.

RESEARCH OF PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF SUTURE MATERIAL IN EXPERIMENT IN OPERATIONS ON LIVER

V.A. Lipatov, D.A. Severinov, A.A. Denisov, N.N. Grigoryev, S.V. Lazarenko

Kursk State Medical University, Kursk, Russia

Taking into account the peculiarities of the blood supply to the liver and the structure of its parenchyma, and, as a result, considerable difficulties in providing reliable hemostasis without additional traumatization, a surgeon needs to be careful when performing a surgical manipulation. Despite a large number of modern methods for stopping parenchymal bleeding, many practitioners give preference to classic methods of hemostasis, including ligation of bleeding vessels in



the bulk of the organ using specialized sutures. One of the most serious complications of the use of suture material is cutting of organ tissue, which leads to enhanced bleeding and expansion of the area of damage. At the moment, the tactics of choosing suture material for surgical procedures is empirical. In this context, the aim of this study was to assess the physico-mechanical properties of suture material regarding its structure, and to develop a criterion for choosing surgical sutures for surgical procedures. For the study, the liver was removed out of corpses of males of 35 to 40 years of age, after which separate sections of $7.5 \times 7 \times 4$ cm in size were obtained from it. Then a wound 3 cm long and 2 cm deep was made. The wound was sutured with a simple interrupted suture without tightening, but with application of one simple half-node. For suturing, catgut, twisted capron and polyglycolide thread were used. Attention was paid to the maximal force applied at the moment of cutting (F_{max}) and the degree of pulling the thread at the moment of cutting (Lu). The analysis of the data was based on comparison of F_{max} and Lu parameters. This method permits to refuse from the empirical approach to the choice of suture material for operations on the liver, and to develop a criterion for choosing surgical sutures.

Keywords: hemostasis; liver; suture material; physical and mechanical properties.

Органосохраняющие операции представляют актуальную проблему современной абдоминальной хирургии [1]. Например, травма печени является одним из самых тяжелых по течению и трудно диагностируемых абдоминальных повреждений, которое встречается в 30% случаев от общего количества травм органов брюшной полости. Учитывая особенности кровоснабжения печени, ее ранения сопровождаются массивным паренхиматозным кровотечением [2-3]. Для оценки степени травматизации органа используются различные шкалы. Так, сотрудниками кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии Курского государственного медицинского университета была предложена собственная классификация повреждений печени:

- I. Без нарушения целостности капсулы;
- II. С нарушением целостности капсулы;
- III. Повреждение связочного аппарата;
- IV. Повреждение экстрапеченочных сосудов [4].

Лечение травмы печени проводится как консервативными, так и оперативными методами. В число хирургических манипуляций входит лигирование крупных сосудов печени, резекция поврежденного участка паренхимы, наложение гемостатической губки и пр. Однако, все описанные методы сопровождаются применением хи-

рургических нитей. Среди нескольких классификационных категорий шовного материала наибольший научный интерес представляет структура нитей [5].

Существует две большие группы нитей, отличающиеся по текстуре: монофиламентные и полифиламентные. К последним, в свою очередь, относится крученный и плетеный шовный материал. Не менее важными свойствами хирургических нитей являются эластичность и биологическая инертность [6-9].

Однако, в отечественной и зарубежной научной литературе отсутствует информация об исследованиях физико-механических характеристик шовного материала при работе на биологических объектах, а оценка затягивания узла носит субъективный характер [10-11].

Целью является проведение оценки физико-механических характеристик шовного материала различной структуры, разработка критерия выбора хирургических нитей для оперативного пособия.

Материалы и методы

Базой проведения настоящего исследования являлась лаборатория экспериментальной хирургии и онкологии НИИ экспериментальной медицины (ЛЭХиО НИИ ЭМ) ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России.

В качестве объекта исследования выступили участки диафрагмальной поверхности правой доли печени трупов лиц мужского пола в возрасте 35–40 лет, изъятых в ОБУЗ Бюро судебно-медицинской экспертизы г. Курска. Изъятие и использование биологического материала осуществлялось с разрешения Регионального этического комитета в рамках Постановления Правительства РФ от 21.07.2012 №750 (ред. от 17.12.2016) «Об утверждении Правил передачи неостребованного тела, органов и тканей умершего человека для использования в медицинских, научных и учебных целях, а также использования неостребованного тела, органов и тканей умершего человека в указанных целях».

Одним из основных критериев отбора биологического материала стало отсутствие каких-либо макроскопических патологических изменений, а также отсутствие заболеваний печени в анамнезе. Временной промежуток от момента изъятия органа до его использования в исследовании составлял не более 4 часов с целью минимизации негативного влияния аутолиза на достоверность полученных результатов.

Для исследования отделяли участок паренхимы органа размерами 7,5×7×4 см. Следующим этапом наносилась рана на выделенном участке органа, длина которой составляла 3 см, глубина 2 см. Рану ушивали простым узловым швом, который не затягивали, а накладывали один простой полуузел. Для лигирования использовали отрезок шовного материала длиной 50 см. Такая длина нити оптимальна для дальнейшей работы на испытательном стенде. При этом использовали монофиламентный (Кетгут), крученный (Капрон крученный) и плетеный (ПГА – нить полигликолидная) шовный материал равной толщины (3/0 по USP). После моделирования раны и ее лигирования исследуемый участок органа помещали на устройство для исследования физико-механических характеристик швов и шовного материала, степени деформации паренхимы органов (патент №184617), разработанное на базе

ЛЭХиО НИИ ЭМ ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России [12].

В качестве дополнительного оборудования использовалась машина испытательная универсальная электромеханическая РЭМ–0,2-1 (ООО «МЕТРОТЕСТ», г. Нефтекамск, Республика Башкортостан), оснащенная динамометром и дисплеем, на котором отражаются графические изменения при натяжении шовного материала. Анализировали максимальное усилие (F_{max}) до прорезывания паренхимы органа и/или разрыва шовного материала, а также степень вытяжения нити (L_u). Для исследования были сформированы 3 группы согласно структуре используемого шовного материала по 60 образцов. Полученные результаты интерпретировались при помощи методов статистической обработки (расчет среднего арифметического, медианы, средней ошибки средней, производили расчет 25 и 75 перцентилей). Статистическую значимость сравнений определяли при помощи критерия Манна-Уитни, учитывая допустимый для биомедицинских исследований уровень $p \leq 0,05$. В качестве программного обеспечения для проведения статистической обработки использовали лицензионные версии программы Statistica (версия 10.0, Stat Soft Inc., США) и редактора электронных таблиц Excel 2013 (Microsoft Office, США).

Результаты и их обсуждение

Согласно результатам исследования (табл. 1 и 2), среднее F_{max} , при котором произошло прорезывание паренхимы органа в процессе использования монофиламентного шовного материала, составило 65,20 Н, при средней степени вытяжения нити 54,31 мм, и это – наименьшие значения среди трех групп.

Полученные результаты позволяют утверждать, что наименее предпочтительным шовным материалом при операциях на печени является мононить. Однако, возникает практическая необходимость во внедрении и апробации коэффициента, способного привести к стандартизации и

Таблица 1

Показатели Fmax (H) исследуемых групп

Параметры	Шовный материал		
	монофиламентный	крученный	плетеный
M	65,20	88,68	78,01
m	0,059	0,64	0,083
Me	65,21	81,24	78,02
25-й процентиль	65,23	81,34	78,9
75-й процентиль	65,31	89,93	79,56
p	*** $\leq 0,05$	** $\geq 0,05$	* $\leq 0,05$

Примечания: * – сравнение средних значений Fmax образцов, ушитых плетеным шовным материалом, по отношению к образцам, ушитых монофиламентными нитями; ** – сравнение средних значений Fmax образцов, ушитых крученым шовным материалом по отношению к образцам, ушитых плетеными хирургическими нитями; *** – сравнение средних значений Fmax образцов монофиламентным шовным материалом по отношению к образцам, ушитых кручеными нитями

Таблица 2

Показатели Lu (мм) исследуемых групп

Параметры	Шовный материал		
	монофиламентный	крученный	плетеный
M	54,31	72,75	63,64
m	0,057	0,68	0,1
Me	54,41	72,54	63,77
25-й процентиль	54,4	71,11	64,36
75-й процентиль	54,43	74,26	64,83
p	*** $\leq 0,05$	** $\geq 0,05$	* $\leq 0,05$

Примечания: * – сравнение средних значений Lu образцов, ушитых плетеным шовным материалом, по отношению к образцам, ушитых монофиламентными нитями; ** – сравнение средних значений Lu образцов, ушитых крученым шовным материалом по отношению к образцам, ушитых плетеными хирургическими нитями; *** – сравнение средних значений Lu образцов монофиламентным шовным материалом по отношению к образцам, ушитых кручеными нитями

научно обоснованному подбору шовного материала для выполнения того или иного оперативного пособия.

Коллективом авторов в качестве такой величины разработан коэффициент прорезывания ($K_{пр}$), равный отношению F_{max} к Lu (значение должно быть ≥ 1). Это связано с тем, что в процессе затягивания узла шва показатель Lu увеличивается, при этом снижается площадь сечения

нити и площадь ее соприкосновения с толщей паренхимы, что приводит к возрастанию риска прорезывания. Поэтому, при операциях на печени шовным материалом выбора должны выступить нити, способные выдерживать высокую осевую нагрузку при незначительном вытяжении.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволяет выявить статистически

значимые различия между монофиламентным и крученым/плетеным шовным материалом и поставить под вопрос целесообразность использования мононитей в процессе оперативного пособия на печени.

Предлагаемый коэффициент прорезывания позволит постепенно отказаться от эмпирического подхода к подбору шовного материала.

Литература

1. Açı E., Hapa O., Barber F.A. Mechanical Properties of Suture Materials. In: Akgun U., Karahan M., Randelli P., et al., editors. *Knots in Orthopedic Surgery*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2017. P. 21-31. doi:10.1007/978-3-662-56108-9_3
2. Винник Ю.С., Маркелова Н.М., Шишацкая Е.И., и др. Иммуногистохимические маркеры местной реакции тканей при имплантации изделий из ПГА // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2016. Т. 9, №1. С. 109-120. doi:10.17516/1997-1389-2015-9-1-109-120
3. Radojkovic M., Stojkovic M., Golubovic I. et al. The influence of various microenvironmental factors on biomechanical features of different suture materials used in hepato-pancreato-biliary surgery // *Facta universitatis. Series: Medicine and Biology*. 2019. Vol. 21, №3. P. 95-100. doi:10.22190/FUMB190625015R
4. Северинов Д.А., Денисов А.А., Ананян Т.Т. Швы паренхиматозных органов: преимущества и недостатки. В сб.: Проблемы гемостаза в хирургии XXI века; 18-19 мая 2017. Курск; 2017. С. 17-20. Доступно по: <http://conferencinova.ru/images/hemo2017/hemo2017.pdf>. Ссылка активна на 12.12.2019.
5. Жуковский В.А. Современные шовные материалы и другие волоконные имплантаты. Основные тенденции. В сб.: Международная научно-практическая конференция «Биотехнология и качество жизни»; 18-20 марта 2014. М.; 2014. С. 505-506. Доступно по: http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/bio2014_tezis.pdf. Ссылка активна на 12.12.2019.
6. Аршакян В.А., Гюнтер В.Э., Штофин С.Г., и др. Пути совершенствования шовного материала в хирургии // *Acta Biomedica Scientifica*. 2017. Т. 2, №6 (118). С. 193-197. doi:10.12737/article_5a0a910977eca1.04637486
7. Meyer D.C., Bachmann E., Lädemann A., et al. The best knot and suture configurations for high-strength suture material. An in vitro biomechanical study // *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research*. 2018. Vol. 104, №8. P. 1277-1282. doi:10.1016/j.otsr.2018.08.010
8. Zhang G., Zeng X., Su Y., et al. Influence of suture size on the frictional performance of surgical suture evaluated by a penetration friction measurement approach // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2018. Vol. 80. P. 171-179. doi:10.1016/j.jmbbm.2018.02.003
9. Лазаренко В.А., Бобровская Е.А. Биосовместимость в зоне «протез – артерия – шовный материал» с позиции стенолитических окклюзий после реконструктивно-восстановительных операций. В сб.: Материалы Международной научно-практической конференции «Медицинские импланты»; 18-19 марта 2016. Курск; 2016. С. 71-72. Доступно по: http://conferencinova.ru/images/cbooks/Sbornik_materialov_konferentsii_-_Med_implanty_-_2016.pdf. Ссылка активна на 12.12.2019.
10. Abellán D., Nart J., Pascual A., et al. Cohen and others. Physical and Mechanical Evaluation of Five Suture Materials on Three Knot Configurations: An *in Vitro* Study // *Polymers*. 2016. №8 (4). P. 147. doi:10.3390/polym8040147
11. Johnson P.C., Roberts A.D., Hire J.M., et al. The effect of instrumentation on suture tensile strength and knot pullout strength of common suture materials // *Journal of Surgical Education*. 2016. Vol. 73, №1. P. 162-165. doi:10.1016/j.jsurg.2015.08.011
12. Лазаренко В.А., Липатов В.А., Лазаренко С.В., и др. Устройство для исследования физико-механических характеристик швов и шовного материала, степени деформации паренхимы органов. Патент РФ на изобретение №184617U1. 03.07.2018. Бюл. №31. Доступно по: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0000184617_20181101_U1_RU/. Ссылка активна на 12.12.2019.

References

1. Açı E., Hapa O., Barber F.A. Mechanical Properties of Suture Materials. In: Akgun U., Karahan M., Randelli P., et al., editors. *Knots in Orthopedic Surgery*. Springer, Berlin, Heidelberg; 2017. P. 21-31. doi:10.1007/978-3-662-56108-9_3
2. Vinnik YuS, Markelova NM, Shishatskaya EI, et al. Immunohistochemical Markers of Local Tissue Response to the Implantation of Products Made from PHA. *Journal of Siberian Federal University. Biology*. 2016;9(1):109-20. (In Russ). doi:10.17516/1997-1389-2015-9-1-109-120
3. Radojkovic M, Stojkovic M, Golubovic I, et al. The influence of various microenvironmental factors on biomechanical features of different suture materials used in hepato-pancreato-biliary surgery. *Facta universitatis. Series: Medicine and Biology*. 2019; 21(3):95-100. doi:10.22190/FUMB190625015R

4. Severinov DA, Denisov AA, Ananjan TT. Shvy parenhimatoznyh organov: preimushhestva i nedostatki. In: *Problemy gemostaza v hirurgii XXI veka*; 2017 May 18-19. Kursk; 2017. P. 17-20. Available at: <http://conferencinova.ru/images/hemo2017/hemo2017.pdf>. Accessed: 2019 December 12. (In Russ).
5. Zhukovskiy VA. Modern suture materials and other fiber implants. Main trend. In: *Conference «Biotechnology and quality of life»*; 2014 March 18-20. Moscow; 2014. P. 505-506. Available at: http://www.spsl.nsc.ru/FullText/konfe/bio2014_tezis.pdf. Accessed: 2019 December 12. (In Russ).
6. Arshakyan VA, Gynter VE, Shtofin SG, et al. Ways of improvement of surgical suture material. *Acta-Biomedica Scientifica*. 2017;2(6(118)):193-7. (In Russ). doi:10.12737/article_5a0a910977eca1.04637486
7. Meyer DC, Bachmann E, Lädemann A, et al. The best knot and suture configurations for high-strength suture material. An in vitro biomechanical study. *Orthopaedics & Traumatology, Surgery & Research*. 2018;104(8):1277-82. doi:10.1016/j.otsr.2018.08.010
8. Zhang G., Zeng X., Su Y., et al. Influence of suture size on the frictional performance of surgical suture evaluated by a penetration friction measurement approach. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2018;80:171-9. doi:10.1016/j.jmbbm.2018.02.003
9. Lazarenko VA, Bobrovskaja EA. Biosovmestimost' v zone «protez – arteriya – shovnyj material» s pozicii stenoticheskikh okkluzij posle rekonstruktivno-vosstanovitel'nyh operacij. In: *Materials of the International scientific-practical conference «Medical implants»*; 2016 March 18-19. Kursk; 2016. P. 71-2. Available at: http://conferencinova.ru/images/cbooks/Sbornik_materialov_konferentsii_-_Med_implanty_-_2016.pdf. Accessed: 2019 December 12. (In Russ).
10. Abellán D, Nart J, Pascual A, et al. Cohen and others. Physical and Mechanical Evaluation of Five Suture Materials on Three Knot Configurations: An in Vitro Study. *Polymers*. 2016;(8):147. doi:10.3390/polym8040147
11. Johnson PC, Roberts AD, Hire JM, et al. The effect of instrumentation on suture tensile strength and knot pullout strength of common suture materials. *Journal of Surgical Education*. 2016;73(1):162-5. doi:10.1016/j.jsurg.2015.08.011
12. Lazarenko VA, Lipatov VA, Lazarenko SV, et al. *Ustrojstvo dlja issledovaniya fiziko-mekhanicheskikh harakteristik shvov i shovnogo materiala, stepeni deformacii parenhimy organov*. Patent RUS №184617U1. 03.07.2018. Available at: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0000184617_20181101_U1_RU/. Accessed: 2019 December 12. (In Russ).

Дополнительная информация [Additional Info]

Источник финансирования. Бюджет ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России. [Financing of study. Budget of Kursk State Medical University.]

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, о которых необходимо сообщить в связи с публикацией данной статьи. [Conflict of interests. The authors declare no actual and potential conflict of interests which should be stated in connection with publication of the article.]

Участие авторов. Липатов В.А., Григорьев Н.Н. – концепция и дизайн исследования, редактирование, Северинов Д.А., Денисов А.А., Лазаренко С.В. – сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста. [Participation of authors. V.A. Lipatov, N.N. Grigoryev – concept and design of the study, editing, D.A. Severinov, A.A. Denisov, S.V. Lazarenko – acquisition and processing of the material, statistical processing, writing the text.]

Информация об авторах [Authors Info]

Липатов Вячеслав Александрович – д.м.н., профессор, профессор кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии; зав. лабораторией экспериментальной хирургии и онкологии Научно-исследовательского института экспериментальной медицины, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, Курск, Россия. [Vyacheslav A. Lipatov – MD, PhD, Professor, Professor of the Department of Operative Surgery and Topographic Anatomy; Head of the Experimental Surgery and Oncology Laboratory of Research Institute of Experimental Medicine, Kursk State Medical University, Kursk, Russia.]
SPIN: 1170-1189, ORCID ID: 0000-0001-6121-7412, Researcher ID: D-8788-2013.

Северинов Дмитрий Андреевич – ассистент кафедры детской хирургии и педиатрии факультета последипломного образования, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, Курск, Россия. [Dmitriy A. Severinov – Assistant of the Department of Pediatric Surgery and Pediatrics at the Faculty Postgraduate Education, Kursk State Medical University, Kursk, Russia.]
SPIN: 1966-0239, ORCID ID: 0000-0003-4460-1353, Researcher ID: G-4584-2017.

***Денисов Артём Александрович** – студент лечебного факультета, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, Курск, Россия. [Artem A. Denisov – Student of the Medical Faculty, Kursk State Medical University, Kursk, Russia.]
SPIN: 8500-0129, ORCID ID: 0000-0001-5034-8580, Researcher ID: AAE-1837-2019. E-mail: d.artiom21@gmail.com

Лазаренко Сергей Викторович – к.м.н., ассистент кафедры онкологии, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, Курск, Россия. [**Sergey V. Lazarenko** – MD, PhD, Assistant of the Department of Oncology, Kursk State Medical University, Kursk, Russia.]

SPIN: 1723-9128, ORCID ID: 0000-0002-7200-4508, Researcher ID: Y-9451-2018.

Григорьев Николай Николаевич – д.м.н., доцент, профессор кафедры хирургических болезней факультета последипломного образования, ФГБОУ ВО Курский государственный медицинский университет Минздрава России, Курск, Россия. [**Nikolay N. Grigor'yev** – MD, PhD, Associate Professor, Professor of the Department of Surgical Diseases at the Faculty Postgraduate Education, Kursk State Medical University, Kursk, Russia.]

SPIN: 5476-4857, ORCID ID: 0000-0002-4102-1516.

Цитировать: Липатов В.А., Северинов Д.А., Денисов А.А., Григорьев Н.Н., Лазаренко С.В. Исследование физико-механических характеристик шовного материала в эксперименте при операциях на печени // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2020. Т. 28, №2. С. 193-199. doi:10.23888/PAVLOVJ2020282193-199

To cite this article: Lipatov VA, Severinov DA, Denisov AA, Grigoryev NN, Lazarenko SV. Research of physical and mechanical characteristics of suture material in experiment in operations on liver. *I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald*. 2020;28(2):193-9. doi:10.23888/PAVLOVJ2020282193-199

Поступила/Received: 12.12.2019

Принята в печать/Accepted: 01.06.2020