



УДК 531/534: [57+61]

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОВРЕМЕННЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ РАССАСЫВАЮЩИХСЯ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.Е. Федоров¹, В.А. Самарцев², В.А. Гаврилов², В.Э. Вильдеман³, С.В. Словиков³

¹ Кафедра теоретической механики Пермского государственного технического университета, Россия, 614990, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: fae@cpl.pstu.ac.ru

² Кафедра общей хирургии лечебного факультета Пермской государственной медицинской академии имени академика Е.А. Вагнера, Россия, 614990, Пермь, ул. Куйбышева, 39, e-mail: samarcev-v@mail.ru

³ Центр экспериментальной механики Пермского государственного технического университета, Россия, 614990, Пермь, ул. Академика Королева, 15, e-mail: sem@pstu.ru

Аннотация. Проведено комплексное исследование механических характеристик современных рассасывающихся шовных материалов при квазистатических испытаниях с использованием электродинамической испытательной машины *Instron ElectroPuls E3000* и универсальной электромеханической испытательной машины *Instron 5882*, оснащенной видеоэкстензометром *Instron AVE*. Выявлено существенное влияние простого узла, используемого в хирургической практике, на значение максимальной нагрузки и максимальной деформации. Показано, что воздействие желчи в течении пяти суток не приводит к снижению деформационных и прочностных свойств.

Ключевые слова: эксперимент, шовный материал, механические свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Хирургический шовный материал – это инородная нить, применяемая для соединения тканей с целью образования рубца. Синтетические рассасывающиеся шовные материалы обладают высокой прочностью, относительной инертностью и неплохими манипуляционными свойствами, они имеют одно несомненное преимущество перед всеми остальными шовными материалами – прогнозируемые сроки рассасывания [10]. При этом срок рассасывания практически не зависит от таких факторов, как толщина нити, тип ткани, условия кровоснабжения, ферментативная и иммунная активность и т.п. Связано это с тем, что рассасывание этих нитей происходит гидролизом. Во время биодеградации происходит потеря прочностных свойств нитей [5, 6]. Все синтетические рассасывающиеся шовные материалы являются полимерами молочной кислоты и ее производных мономеров. Поэтому, попадая в ткань, нить подвергается гидролизу, через некоторое время дефрагментируется (этот срок называется сроком потери прочности нити), затем деполимеризуется, распадаясь на свои "кирпичики"-мономеры – в частности, на молочную и гликолевую кислоту, которые затем в цикле Кребса распадаются до углекислого газа и воды. Этот второй

© Федоров А.Е., Самарцев В.А., Гаврилов В.А., Вильдеман В.Э., Словиков С.В., 2009

Федоров Андрей Евгеньевич, к.т.н., доцент кафедры теоретической механики, Пермь

Самарцев Владимир Аркадьевич, д.м.н., проф. кафедры общей хирургии лечебного факультета, Пермь

Гаврилов Василий Александрович, ординатор кафедры общей хирургии лечебного факультета, Пермь

Вильдеман Валерий Эрвинович, д.ф.-м.н., профессор, директор Центра эксперимент. механики, Пермь

Словиков Станислав Васильевич, к.т.н., ведущий инженер Центра эксперимент. механики, Пермь

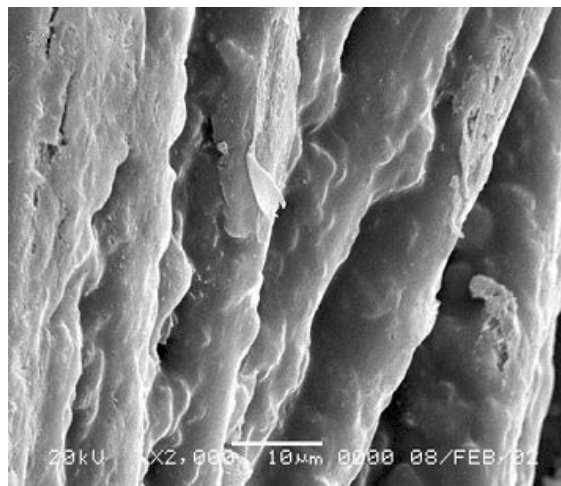


Рис. 1. Структура синтетического рассасывающегося шовного материала [8]

срок именуется сроком полного рассасывания нити и, как правило, в 2–3 раза превышает срок полной потери прочности.

С позиций механики деформируемого твердого тела объект данного исследования может быть рассмотрен как конструктивный элемент, обладающий структурной неоднородностью, макроразрушению которого предшествует разрушение отдельных составляющих волокон [3, 5, 7]. Структура нити представлена на рис. 1. Также стоит обратить внимание и на механические характеристики нитей, определяющие их способность надежно удерживать завязываемые узлы [4, 9].

Целью исследования является оценка механических свойств современных шовных материалов, используемых в хирургии. Экспериментальное исследование выполнялось в рамках сотрудничества Пермского государственного технического университета с Пермской государственной медицинской академией имени академика Е.А. Вагнера.

Задачами исследования являлись:

- изучение механических свойств рассасывающегося шовного материала при воздействии на него агрессивных биологических сред (желчь человека);
- определение допустимых нагрузок на нити при нахождении в биологической среде *in vitro*;
- исследование влияния простого узла на механические свойства нитей;
- исследование влияния простого узла на механические свойства нитей в зависимости от времени нахождения в биологической среде.

ЭКСПЕРИМЕНТ

Проведены эксперименты по одноосному растяжению образцов нитей в соответствии с ГОСТ Р 53005–2008 [2] и ГОСТ 6611.2–73 [1]. Исследования проводились на двух типах электромеханических систем: *Instron E3000* и *Instron 5882*. Размеры образцов составляли 350 мм в длину, диаметр нити 0,3 мм. Расстояние между захватами 50 мм, скорость перемещения нижнего захвата 5 мм/мин. Внешний вид захватов для испытания нитей представлен на рис. 2.

Внешний вид испытательного оборудования с установленными приспособлениями для захвата нитей представлен на рис. 3.



Рис. 2. Захваты для испытания нитей



а



б

Рис. 3. Испытание медицинского шовного материала на базе испытательной установки:
а – Instron E3000, б – Instron 5882

На первом этапе оценивалось влияние узла на механические свойства нити (машина *Instron E3000*). После проведения исследований было выявлено, что нагрузка, создаваемая в системе испытаний, находится в нижнем диапазоне чувствительности датчика. Это приводит к повышенным ошибкам измерения, поэтому необходимо использование датчиков с меньшим максимальным уровнем нагрузки. В дальнейших испытаниях была использована универсальная испытательная машина *Instron 5882*.

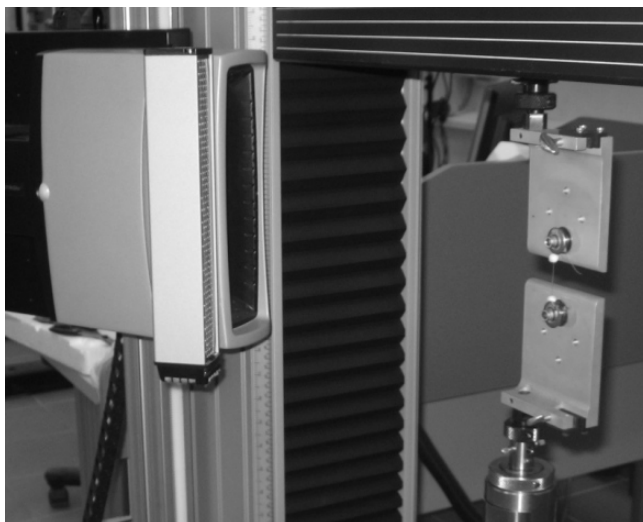


Рис. 4. Схема испытания нитей с метками для фиксации деформации

На втором этапе испытаний медицинского шовного материала проведено испытание других типов нитей: компании «Джонсон и Джонсон» марки «*Vicryl*», компании «*Aesculap*» марки «*Safil*», компании «*International farmaceutica*» – нить марки «*Atramat*», компании «*Syneture*» – нить марки «*Polysorb*».

Для исключения влияния на измерение деформации образца проскальзывания нитей в системе *Instron 5882* был использован видеоэксстензометр.

При использовании видеоэксстензометра и нанесении меток фиксации на нить необходимо учитывать, что используемый материал не должен вступать в химическую реакцию с нитью, вызывая снижение ее механических характеристик.

На третьем этапе испытаний проводилось исследование влияния желчи человека на механические свойства нити. Были исследованы все пять типов нитей разных производителей.

Внешний вид испытательного оборудования нитей с установленными метками фиксации деформирования представлен на рис. 4.

Из анализа графиков, представленных на рис. 5, видно, что наличие узла ведет к снижению максимальной нагрузки и максимальной деформации в 1,5 раза.

Сравнительный анализ результатов испытаний (рис. 6) показал более высокую прочность и стабильность механических характеристик нитей производства компании «Джонсон и Джонсон». Значение максимальной нагрузки для нитей марки «*Vicryl*» выше, чем у нитей марки «*Safil*». Для нитей «*Vicryl*» характерны более высокие значения максимальной деформации. Данные, полученные по нитям «*Vicryl*» и «*Polysorb*», хорошо согласуются с результатами полученными ранее [3].

Исследование влияние желчи человека на свойства медицинского шовного материала показало (рис. 7), что при нахождении в желчи в течение пяти суток нить сохраняет высокие механические характеристики. Выявлено существенное влияние простого узла, используемого в хирургической практике, на значение максимальной нагрузки и максимальной деформации. Так, в данном эксперименте из-за наличия узла на нити марки «*Safil*» предельная нагрузка снизилась на 30% (рис. 7).

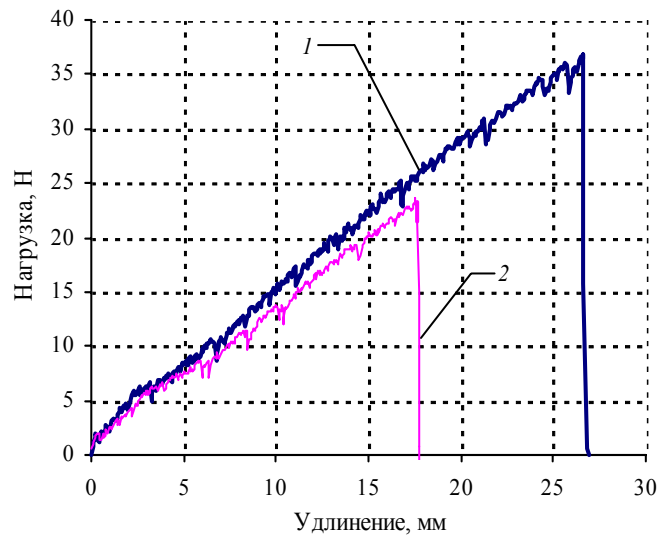


Рис. 5. Результаты испытания нити марки «Vicryl-plus»: 1 – без узла, 2 – с узлом

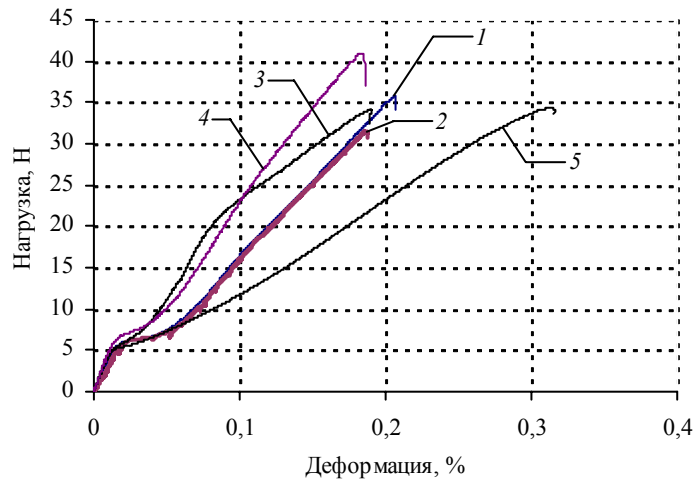


Рис. 6. Результаты испытания нитей в исходном состоянии:
1 – «Vicryl-plus», 2 – «Vicryl», 3 – «Safil», 4 – «Atramat», 5 – «Polysorb»

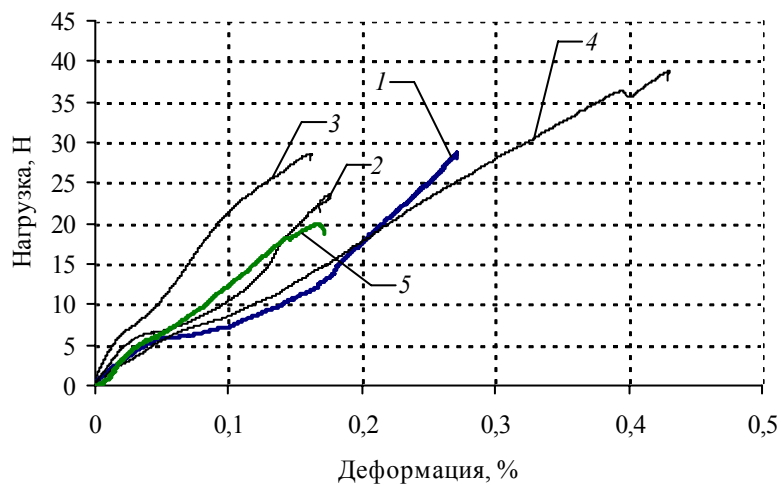


Рис. 7. Результаты испытания нитей, выдержанных в желчи 5 суток:
1 – «Vicryl-plus», 2 – «Vicryl», 3 – «Safil», 4 – «Polysorb», 5 – «Safil» с простым узлом

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработана и реализована методика оценки механических свойств нитей с использованием видеоэкстензометра, исследованы прочностные и деформационные свойства рассасывающихся нитей следующих типов: «*VicrylPlus*», «*Polysorb*», «*Vicryl*», «*Safil*», «*Atramat*» ведущих мировых производителей. Выявлено влияние наличия узла на прочностные и деформационные свойства нитей. Деформационные и прочностные свойства ухудшаются на 30%. Воздействие желчи в течение пяти суток не приводит к снижению деформационных и прочностных свойств синтетического рассасывающегося шовного материала.

Результаты испытаний нитей будут использованы в клинической практике. В дальнейшем планируется проведение экспериментов для определения скорости падения жесткостных и прочностных характеристик различных типов рассасывающихся нитей при выдержке в агрессивных биологических средах (желчь, панкреатический секрет, кишечное содержимое, экссудат из брюшной полости).

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполняется при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 г.» (госконтракт № 02.518.11.7135).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 6611.2-73 Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве.
2. ГОСТ P53005-2008 Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Метод испытаний.
3. *Шадрин, В.В.* Манипуляционные свойства хирургических нитей / В.В. Шадрин, А.В. Тепликов // Российский журнал биомеханики. – 2001. – Т. 5, № 3. – С. 41–50.
4. *Шилько, С.В.* Расчет фрикционно-механических характеристик тканых и шовных материалов / С.В. Шилько, Е.М. Петроковец, С.Б. Анфиногенов // Российский журнал биомеханики. – 2006. – Т. 10, № 23. – С. 80–85.
5. *Altman, G.H.* Silk-based biomaterials / G.H. Altman, F. Diaz, C. Jakuba, T. Calabro, R.L. Horan, J. Chen, H. Lu, J. Richmond, D.L. Kaplan // *Biomaterials*. – 2003. – Vol. 24. – P. 1141–1148.
6. *Bezwada, R.S.* Monocryl@ suture, a new ultra-pliable absorbable monofilament suture / R.S. Bezwada, D.D. Jamiolkowski, In-Y. Lee, V. Agarwal, J. Persivale, S. Trenka-Benthin, M. Emeta, J. Suryadevara, A. Yang, S. Liu // *Biomaterials*. – 1995. – Vol. 16. – P. 401–416.
7. *Garcia Pgez, J.M.* Elastic behaviour of sutured calf pericardium: influence of the suture threads / J.M. Garcia Pgez, A. Camera San Martin, J.V. Garcia Sestafe, E. Jorge Herrero, R. Navidad, A. Cordon, J.L. Castillo-Olivares // *Biomaterials*. – 1996. – Vol. 17. – P. 1677–1683.
8. *Gilbert, P.* Literature-based evaluation of the potential risks associated with impregnation of medical devices and implants with triclosan / P. Gilbert, A.J. McBain // *Surg. Infect.* – 2002. – Vol. 3. Suppl. 1. – P. S55–S63.
9. *Nishimura, K.A.* New technique for small and secure knots using slippery polyethylene sutures / K. Nishimura, R. Mori, W. Miyamoto, Y. Uchio // *Clinical Biomechanics*. – 2009. – Vol. 24. – P. 403–406.
10. *Volenko, A.V.* Capromed – an antibacterial suture material / A.V. Volenko, Ch.S. Germanovich, O.P. Gurova, and R.A. Shvets // *Biomedical Engineering*. – 1994. – Vol. 28, No. 2. – P. 98–100.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE CONTEMPORARY SURGICAL RESORBABLE SUTURE MATERIALS

**A.E. Fedorov, V.A. Samartsev, V.A. Gavrilov, V.E. Wildemann, S.V. Slovikov
(Perm, Russia)**

The complex analysis of the mechanical properties of the contemporary surgical resorbable suture materials at quasi-static tests was carried out on the electrodynamical testing machine *Instron ElectroPuls E3000* and universal electromechanical testing machine *Instron 5882* equipped with videoextensometer *Instron AVE*. Experimental results revealed the significant influence of simple knot used in surgical practice on the maximal load value and the maximal strain. It was shown that the suture-bile interaction during 5 days does not lead to decrease of deformation and strength features.

Key words: experiment, suture material, mechanical properties.

Получено 18 ноября 2009