

УДК 677.071.252.4+ 541.68+ 616-74

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХИРУРГИЧЕСКИХ РАССАСЫВАЮЩИХСЯ НИТЕЙ

О.А. Москалюк, Т.Ю. Анущенко, В.А. Жуковский, Е.С. Цобкалло

Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна

Изучены особенности механического поведения модифицированных хирургических полигликолидных нитей. Показана возможность создания антимикробного рассасывающегося шовного материала с оптимальными деформационно-прочностными свойствами.

***Ключевые слова:** хирургические нити, рассасывающиеся, полигликоolid, полифиламент, антимикробные свойства, мирамистин, полимерное покрытие, деформационно-прочностные свойства.*

Одним из перспективных направлений развития современной хирургии является совершенствование способов соединения тканей, что предопределяет поиск новых шовных материалов. Применяемые в настоящее время хирургические нити могут в той или иной степени обладать рядом таких недостатков, как высокая реактогенность, аллергизирующее действие, провокация гнойно-воспалительных осложнений, труднопредсказуемые сроки рассасывания, неудовлетворительные манипуляционные свойства, сложность производства [1; 2]. Зачастую это приводит к удлинению сроков заживления операционных ран, снижению качества жизни пациентов и неудовлетворительным косметическим результатам [3]. Поэтому одной из актуальных задач хирургии является разработка биологически активных нитей, способных противостоять развитию инфекционных осложнений и улучшать репарацию тканей.

В зависимости от метода введения биологически активные препараты могут быть либо зафиксированы на нити химическими связями, либо закреплены на ней в виде труднорастворимых индивидуальных веществ, наносимых с помощью полимерных покрытий или низкомолекулярных посредников. На данный момент рынок биологически активных шовных материалов представлен в основном антимикробными нитями [3–6].

Перспективными материалами для создания антимикробных хирургических нитей (в случаях, когда необходимо временное удерживание краев раны до ее полного заживления) являются биополимеры. Получаемые из них нити в процессе заживления раны полностью рассасываются и выводятся из организма, не требуя травматичной процедуры снятия швов. Полигликоolid (ПГА) – это плетеный синтетический рас-

сасывающийся шовный материал из гомополимера полигликолевой кислоты [3; 7]. Поскольку данный шовный материал используется в виде комплексных нитей, то для снижения капиллярности и фитильности, уменьшения «пилящего» эффекта при проведении через ткани на него наносится пленочное покрытие из рассасывающегося полимера [3; 5; 7]. Также возможно за счет введения в покрытие красителей для лучшей визуализации швов придать нитям контрастный на раневом фоне цвет.

Помимо этого, согласно ОСТ 42-21-2-85, все изделия, соприкасающиеся с раневой поверхностью, контактирующие с кровью или инъекционными препаратами, должны подвергаться стерилизации [3; 8; 9]. Выбор метода стерилизации изделий зависит от их устойчивости к условиям стерилизационного воздействия. В случае ПГА нитей целесообразно использовать стерилизацию оксидом этилена (ОЭ), являющегося одним из основных химических соединений для стерилизации термолabileльных и тех изделий, которые подвергаются разрушительному действию при других видах стерилизации. В основе его бактерицидного действия лежит процесс алкилирования, сущность которого состоит в замещении свободного атома водорода у сульфгидрильных, карбоксильных или аминогрупп белков гидроксильными или гидроксипропиловыми группами, блокируя тем самым многие реактивные группы, принимающие участие в метаболических реакциях клетки. При выполнении такого вида стерилизации необходимо на строго определенном уровне поддерживать температуру, влажность, концентрацию газа, давление и экспозицию [8].

Как видно, в процессе создания современного шовного материала хирургические нити подвергаются активному внешнему воздействию, что, безусловно, может негативно сказываться на их механических свойствах (особенно на прочности в узле). Поэтому целью данной работы было исследование механических свойств ПГА нитей и оценка возможности создания рассасывающегося шовного материала, обладающего оптимальными деформационно-прочностными и антимикробными свойствами.

Материалы и методы исследования

В качестве основы для получения антимикробных рассасывающихся хирургических нитей с полимерным пленочным покрытием в работе были использованы рассасывающиеся комплексные плетеные нити ПГА ООО «Линтекс» условного номера 2/0 (USP) метрического размера 3 (EP).

Для создания покрытия использовался биоразлагаемый полимер – полиглактин 370, представляющий собой сополимер 30% гликолида и 70% L-лактида. Выбор данного полимера обусловлен его способностью рассасываться в организме, а также растворяться в том же органическом растворителе, что и мирамистин, который применялся для придания ни-

ти антимикробной активности. Мирамистин закрепляется на поверхности ПГА нитей в составе полимерной композиции, которая при высыхании образует антимикробное полимерное покрытие. На основании проведенных на лабораторной установке исследований выбран оптимальный режим осуществления технологического процесса, основными критериями которого были наличие антимикробной активности и длительность антимикробного действия препарата, включенного в покрытие.

Стерилизация полигликолидных нитей и последующая аэрация ОЭ осуществлялись в газовом стерилизаторе 3M Steri-Vak модели 8XL/Аэратор. Характеристика исследуемых образцов представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика образцов

№ п/п	Нить	Линейная плотность, текс
1	Нить полигликолидная плетеная рассасывающаяся USP 2/0 без покрытия – нестерильная	130
2	Нить полигликолидная плетеная рассасывающаяся USP 2/0 без покрытия –стерильная	133
3	Нить полигликолидная плетеная рассасывающаяся USP 2/0 с покрытием –стерильная	130
4	Нить антимикробная полигликолидная плетеная рассасывающаяся USP 2/0 с антимикробная с покрытием, содержащим мирамистин, –стерильная	130

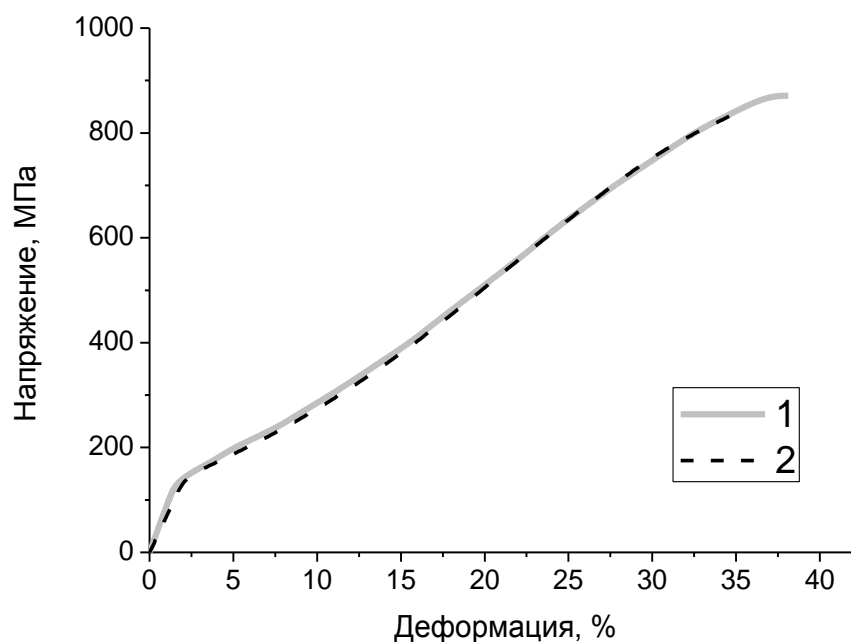
Механические свойства материалов, такие, как прочность (σ_p), относительное удлинение при разрыве (ϵ_p), начальный модуль жесткости (E_0), изучались на основе диаграмм растяжения, полученных на универсальной установке Instron-1122. Скорость растяжения образцов составляла 50 мм/мин, а базовая длина образцов – 10–200 мм. В данной работе также исследовалась прочность хирургических нитей в простом узле (σ_y).

В процессе исследования ПГА нитей при одноосном растяжении было показано, что диаграммы растяжения всех образцов имеют вид, представленный на рис. 1 (для примера взяты диаграммы растяжения обр. 1 и 4, так как кривые совпадают). Как видно из рис. 1, на диаграмме растяжения ПГА нитей можно выделить три области деформирования: начальная область – падение текущего модуля жесткости, связанное с распрямлением проходных цепей в аморфных областях; вторая область – возрастание текущего модуля в результате интенсивного роста числа нагруженных проходных цепей и последняя область – область вторичного падения текущего модуля жесткости за счет интенсивного разрушения полимера с образованием молекулярных разрывов [10; 11].

Таблица 2

Механические свойства различных модификаций ПГА хирургических нитей

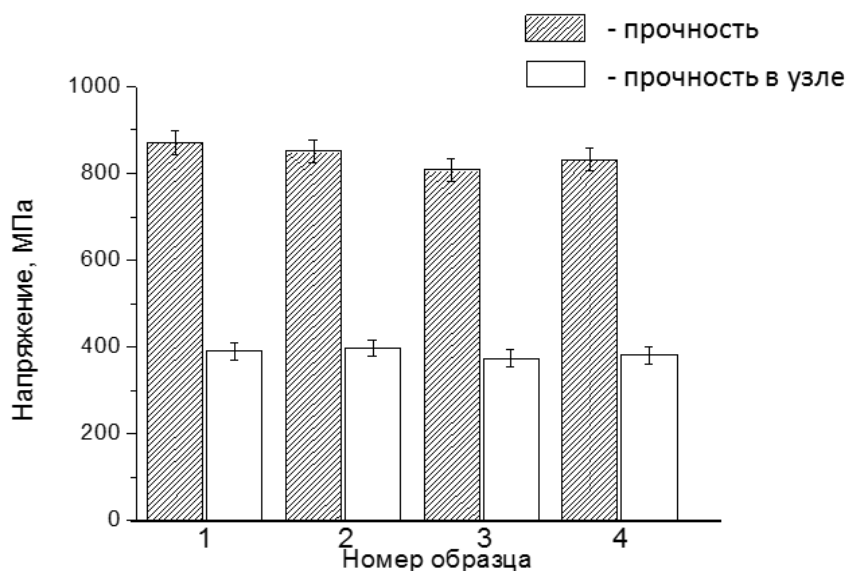
Образец	1	2	3	4
Прочность, МПа	871±44	851±43	808±40	831±42
Удлинение при разрыве, %	38±2	38±2	35±2	36±2
Модуль жесткости, ГПа	8.8±0.7	8.2±0.7	8.4±0.7	8.2±0.7



Р и с . 1. Диаграммы растяжения ПГА нитей: 1 – нить без покрытия, нестерильная (обр. 1); 2 – нить антимикробная с мирамистином, стерильная (обр. 4)

Сравнение механических свойств всех исследуемых ПГА хирургических нитей представлено в табл. 2. Из табл. 2 видно, что механические свойства ПГА нитей – исходных без покрытия (обр. 1), исходных стерилизованных (обр. 2), нитей с полимерным покрытием, стерилизованных (обр. 3) и нитей, стерилизованных с антимикробным покрытием (обр. 4), – практически не отличаются, а разброс значений не выходит за границы доверительного интервала. Это, безусловно, является положительным результатом, позволяющим получить рассасывающийся шовный материал с антимикробными свойствами, за счет нанесения полимерного покрытия. Так, прочность нитей в среднем составляет 840 МПа, удлинение при разрыве – 36%, а начальный модуль жесткости – около 8 ГПа.

Кроме того, одним из показателей надежности шва является прочность нити в узле. Поэтому исследовались изменения прочности в простом узле ПГА хирургических нитей (рис. 2). Как и следовало ожидать, прочность нитей в узле снижается более чем на 50%. Такой результат можно объяснить тем, что силы, действующие на комплексную нить внутри узла, не распределяются равномерно по всему её поперечному сечению. Часть элементарных нитей, находящихся на внешней стороне дуги, натягивается сильнее. В зоне перегиба возникают и поперечные усилия, которые суммируются с продольными и дополнительно нагружают элементарные нити в шовном материале. Прочность в узле для исследуемых материалов составляет в среднем $\sigma_y=390$ МПа. При этом полученные значения соответствуют требованиям ГОСТ Р 31620-2012 «Материалы хирургические шовные. Общие технические требования. Методы испытаний».



Р и с . 2. Сравнение значений прочности исследуемых ПГА нитей при испытании в узле (не заштрихованные области) со значениями при одноосном растяжении (заштрихованные области)

Таким образом, в данной работе было показано, что выбранные условия модификации ПГА плетеных нитей (метод стерилизации, тип полимерного покрытия) позволяют получить антимикробный рассасывающийся шовный материал и при этом сохранить их деформационно-прочностные свойства.

Выводы:

- исследованы особенности механических свойств рассасывающихся ПГА нитей: исходных без покрытия, исходных стерилизованных оксидом этилена, нитей с полимерным покрытием, стерилизованных ОЭ; нитей с антимикробным покрытием, стерилизованных ОЭ;
- показано, что исследуемые ПГА нити, независимо от модификации, сохраняют свои механические свойства;
- установлено, что ПГА нити с модифицированной поверхностью обладают прочностью в узле на уровне исходных шовных плетеных материалов. При этом значения прочности в узле соответствуют требованиям ГОСТ Р 31620-2012;
- показана возможность создания антимикробного рассасывающегося шовного материала с оптимальными деформационно-прочностными свойствами.

Список литературы

1. Бонцевич Д.Н. // Проблемы здоровья и экологии. 2005. № 3 (5). С. 46–51.
2. Егиев В.Н. // Хирургия. 1998. № 3. С. 33–38.
3. Жуковский В.А. // Химические волокна. 2008. № 3. С. 31–38.
4. Мохов Е.М., Жеребченко А.В. // Верхневолжский медицинский журнал. 2012. № 10 (4). С. 21–28.
5. Жуковский В.А. // Химические волокна. 2005. № 5. С. 32–35.
6. Кильдеева Н.Р. и др. // Вестн. Моск. ун-та сер. 2, Химия. 2000. Т41. № 6. С. 423–425.
7. Кузин М.И., Адамян А.А., Винокурова Г.И. Хирургические рассасывающиеся шовные материалы // Обзоры коллектив авторов. 1990. С. 152–157.
8. Хасанова З. З. Кулькова М. // Вестник Росздравнадзора. 2008. № 4. С. 61–64.
9. Немойкина А.Л., Бабкина О.В., Алексеенко К.В., Вайтулевич Е.А. // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 382. С. 230–233.
10. Сталевич А.М. // Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности. 1988. Т. 2. С. 43–47.
11. Пахомов П.М., Шаблыгин М.В., Цобкалло Е.С., Чеголя А.С. // Высокомолекулярные соединения. 1986. Т. 28 А. № 3. С. 558–563.

MECHANICAL PROPERTIES OF SURGICAL ABSORBABLE SUTURE MATERIALS

O.A. Moskalyuk, T.Y. Anuschenko, V.A. Zhukovsky, E.S. Tsobkallo

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design,
Saint-Petersburg

Mechanical properties of modified polyglycolic surgical suture materials were studied. The possibility of creating antimicrobial absorbable suture material with optimal mechanical properties was shown.

Keywords: *surgical sutures, absorbable, polyglycolide, polyfilament, antimicrobial properties, miramistin, polymeric coating, mechanical properties*

Об авторах:

МОСКАЛЮК Ольга Андреевна – кандидат технических наук, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, e-mail: olga-moskalyuk

АНУЩЕНКО Татьяна Юрьевна – аспирант, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, e-mail: atu0106@ya.ru

ЖУКОВСКИЙ Валерий Анатольевич – доктор технических наук, профессор кафедры наноструктурных, волокнистых и композиционных материалов им. А.И. Меоса, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, e-mail: rdd.lintex@gmail.com

ЦОБКАЛЛО Екатерина Сергеевна – профессор, доктор технических наук, заведующая кафедрой сопротивления материалов, Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, e-mail: tsobkallo@mail.ru