

УДК 539.3; 531/534:57

ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ХИРУРГИЧЕСКИХ НИТЕЙ

С.В. Шилько, Н.П. Глазырин, П.Н. Гракович, В.В. Аничкин, Д.Н. Бонцевич

**Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси
Гомельский государственный медицинский университет**

Обсуждается проблема качества хирургических нитей в части манипуляционных свойств. С этой целью изучены механические характеристики шовных материалов на основе натуральных (шелк) и синтетических (полиамид, полиэтилентерефталат) волокон, в т.ч. после модификации бионейтральным полимерным покрытием.

Даны практические рекомендации по количественной оценке и регулированию манипуляционных свойств нитей; предложен обобщенный деформационный критерий, учитывающий изгибную жесткость, усилие затягивания узла и скорость восстановления формы деформированной нити после снятия нагрузки. Приведенные характеристики, в свою очередь, являются функциями модуля упругости, вязкости, пластичности, твердости и коэффициента трения материала нити, которые измеряются посредством стандартных испытаний. Установлено, что мягкие покрытия из бионейтральных низкомолекулярных полимеров, способствующие совместимости нитей с живыми тканями, являются также средством оптимизации манипуляционных свойств хирургических нитей.

Ключевые слова: хирургические нити, манипуляционные свойства, механические испытания, биосовместимость.

CHARACTERIZATION OF SURGICAL THREADS HANDLING PROPERTIES

S.V. Shilko, N.P. Glazyrin, P.N. Grakovich, V.V. Anichkin, D.N. Bontsevich

Gomel State Medical University

V.A. Belyi Metal-Polymer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus

The quality problem of surgical threads is discussed with account of their handling properties. With this aim, the mechanical characteristics of surgical threads based on natural (silk) and synthetic (polyamide, polyethylene terephthalate) fibres have been studied prior and after modification by inert in biological respect polymer coatings.

The practical recommendations to estimation and controlling of handling properties of surgical threads have been proposed. The generalized deformational criteria have been proposed concerning bending stiffness, the force needed to form a node and relaxation rate of the deformed thread after unloading. These characteristics are the functions of elasticity modulus, viscosity, plasticity, hardness and friction coefficient of thread's material, which may be measured by the standard mechanical tests. It's shown that along with improved compatibility with biotissues soft coatings made of bioinert low-modular polymers are also capable of optimising handling parameters of threads.

Key words: surgical threads, handling parameters, mechanical tests, biocompatibility.

Введение

Хирургические нити являются наиболее распространенным средством соединения биотканей при проведении операций. Несмотря на существование широкой номенклатуры натуральных и синтетических

волокон, последние далеко не всегда удовлетворяют требованиям, предъявляемым к шовному материалу в хирургической практике [1—3]. Мягкие плетеные и крученые нити, в особенности природного происхождения (кетгут, шелк, хлопок, лен), при

хороших манипуляционных свойствах не обладают достаточной бионейтральностью из-за пористости структуры и могут быть источником воспалительных реакций. В свою очередь, весьма популярные в настоящее время синтетические монофилamentные нити, имеющие благодаря гладкой поверхности высокую биоинертность, являются гораздо более жесткими и менее удобными при выполнении швов, поскольку для надежной фиксации требуют увеличенного числа узлов.

В связи с этим усилия разработчиков направлены на модификацию синтетических шовных материалов для улучшения их манипуляционных свойств, а хирурги, пользующиеся указанными материалами, заинтересованы в получении объективной информации о промышленно выпускаемых нитях.

Целью настоящего исследования являлось получение обобщенного количественного критерия для качественной оценки манипуляционных свойств хирургических нитей на основе механических испытаний.

Формулировка критерия качества хирургических нитей

Помимо удовлетворения требований совместимости с живыми тканями хирургические нити должны обладать особым комплексом физико-механических (прочностных, деформационных и фрикционных) характеристик, приведенных в таблице. Эти характеристики являются управляющими параметрами по отношению к выработанным практикой показателям качества: манипуляционным свойствам (определяющим удобство работы хирурга), критериям атравматичности и т.д. (таблица 1).

Таблица 1

Связь показателей качества и физико-механических характеристик нитей

Показатель качества	Управляющий параметр
Высокая исходная прочность	Прочная бездефектная основа
Сохранение прочности при функционировании	Отсутствие капиллярности и деструкции в биологически активной среде
Атравматичность при формировании шва	1) Близкие значения коэффициентов трения нити и иглы
	2) Гладкая поверхность и низкий коэффициент трения нити по биоткани
Хорошие манипуляционные свойства	
1) Простота вязания узлов	Низкая изгибная жесткость и «память формы»
2) Надежность узла	Низкая контактная жесткость и высокий коэффициент трения
3) Удобство затягивания шва	Высокий модуль упругости

В ряде случаев требования к значениям управляющих параметров оказываются противоречивыми. К примеру, высокий коэффициент трения материала нитей, способствуя фиксации каждого узла и повышению надежности шовного соединения в целом, является причиной травмирования биотканей при выполнении шва («пилящий эффект»). Относительно низкую изгибную жесткость, облегчающую вязание узлов, приходится сочетать с достаточно высоким модулем

упругости при растяжении, при котором не происходит чрезмерного удлинения на этапе затягивания шва.

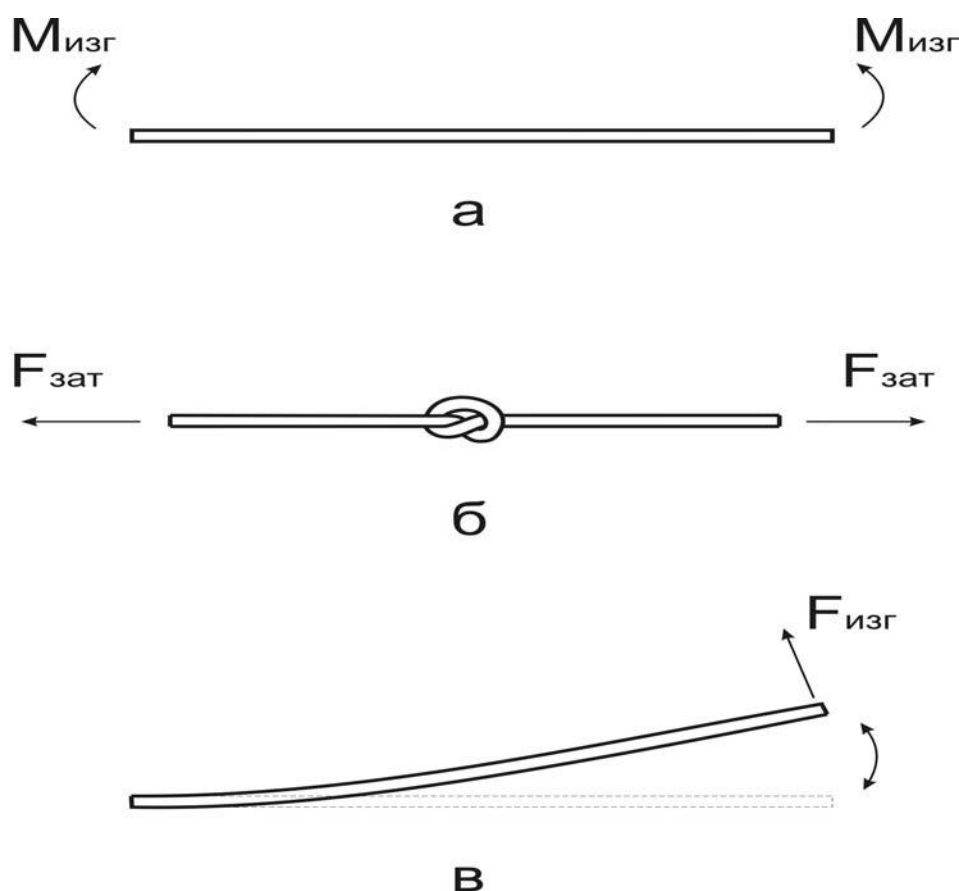
Таким образом, оптимальные показатели качества хирургических нитей обеспечиваются в определенном диапазоне значений указанных выше параметров трения и деформирования. Остановимся на оценке манипуляционных свойств, выделяя три важных показателя: простоту вязания, надежность узла и удобство затягивания шва (таблица 1).

Существующая характеристика манипуляционных свойств шовных материалов основана на субъективных, качественных оценках («удобные», «мягкие», «хорошо формуемые», «эластичные», «скользкие» и т.д.) [1], что затрудняет разработку новых образцов и выбор нитей в хирургической практике.

Для объективной и точной оценки необходимо количественный критерий, предусматривающий использование стандартных методик и приборов, подобно тому, как это делается производителями нитей при характеристике разрывной

прочности. С этой целью рядом авторов проводились исследования деформирования и трения нитей по имитаторам биотканей, например, в работах [2—5], однако разработка критерия и методики его определения не была завершена.

Можно заметить, что манипуляционные свойства нитей достаточно полно описываются тремя параметрами: 1) изгибной жесткостью, 2) усилием затягивания узла и 3) скоростью восстановления формы деформированной нити после снятия нагрузки. Эти параметры иллюстрируются рис. 1.



Эти параметры, в свою очередь, являются функциями модуля упругости, вязкости, пластичности, твердости и коэффициента трения материала, которые могут быть определены посредством описанных ниже механических испытаний.

Так, перемещение монофиламентной нити при действии изгибающего момента M связано с модулем упругости E следующим простым соотношением:

$$\delta = 0,0641Ml / EI$$

где d , l – диаметр и длина образца нити соответственно; $I = \pi d^4 / 64$.

Более сложный вид имеет выражение для оценки усилия затягивания узла (рис. 1 б), которое следует из решения контактной задачи для двух скрещенных цилиндров, а для описания процесса восстановления формы нити после снятия изгибающей нагрузки следует привлекать функцию ползучести материала нити [5, 6]. С использованием подобных соотношений может быть записан обобщенный критерий ка-

чества хирургических нитей по манипуляционным свойствам, указанным в таблице 1.

Как показано ниже, использование критерия качества позволяет прогнозировать и оптимизировать структуру композиционных нитей с бионейтральным полимерным покрытием.

Материал и методы исследований

Объект исследования — промышленно выпускаемые шелковые, капроновые и лавсановые нити.

Биомеханическое исследование включало определение параметров деформирования нитей при растяжении, в т.ч. с узлами, и усилия протягивания нитей в сухом и влажном состоянии до и после модификации.

Изучалось также влияние на манипуляционные свойства низко модульного покрытия. Для этого на волокнистой основе (синтетических и природных нитях) в холодной плазме производили синтез бионейтрального полимера полипарааксилена; толщина получаемого покрытия составляла несколько десятков нанометров при содержании 1% и 4% масс. ед. полипарааксилена.

Определение указанных характеристик проводились в ИММС НАНБ на автоматизированных испытательных стендах ComTen 94C и INSTRON 5567, предназначенных для высокоточного определения механических характеристик полимерных материалов при статическом нагружении (рис. 2).

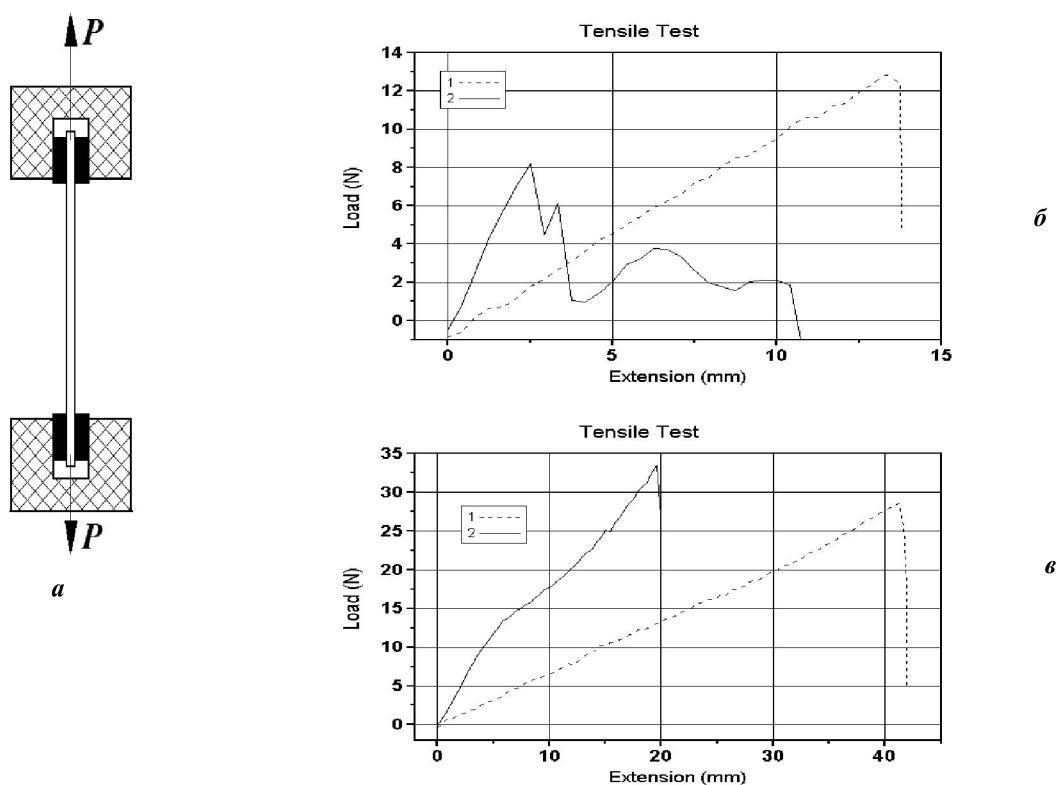


Рис. 2. Схема испытания (а) и диаграммы растяжения модифицированных нитей на основе шелка (б) и лавсана (в) при наличии (штриховые линии) и отсутствии (сплошные линии) узлов.

При испытании на разрыв образцы крученых нитей закреплялись в верхнем и нижнем захватах стенда при помощи эластичных прокладок, чтобы исключить проскальзывание и обрыв нити вблизи кромок захватов. Для оценки влияния на прочность узлов последние выполнялись в количестве десяти с интервалом 1 см.

Устанавливалось начальное расстояние между захватами 6 см и скорость нагружения 1 см/мин.

При проведении фрикционных испытаний регистрировалось усилие, необходимое для протягивания шовной нити по замшевой поверхности образца выделанной кожи, как имитатору живой биоткани (рис. 3). Испы-

тания проводились следующим образом: между захватами в горизонтальном положении крепилась цилиндрическая оправка диаметром 40 мм, обернутая лоскутом кожи длиной 18 см. После закрепления конца нити в подвижном захвате испытательной машины производился один оборот вокруг оправки, а ко второму концу нити подвешивался груз массой 50 г. Скорость нагружения составляла 10 мм/мин.

Результаты испытаний

Механические характеристики. Установлено, что узлы способствуют консоли-

дации волокон, линейаризации диаграммы и предотвращению обрывов отдельных волокон до исчерпания прочности нити. Если наличие узлов заметно повышает прочность шелковой нити, то прочность синтетической нити на основе лавсана несколько уменьшается (рис. 2).

Фрикционные характеристики. При нанесении весьма тонкого покрытия ППК (массовая доля 1%) имеет место уменьшение силы трения нитей в сухом и влажном (для лавсана в 1,5 раза) состоянии (рис. 3).

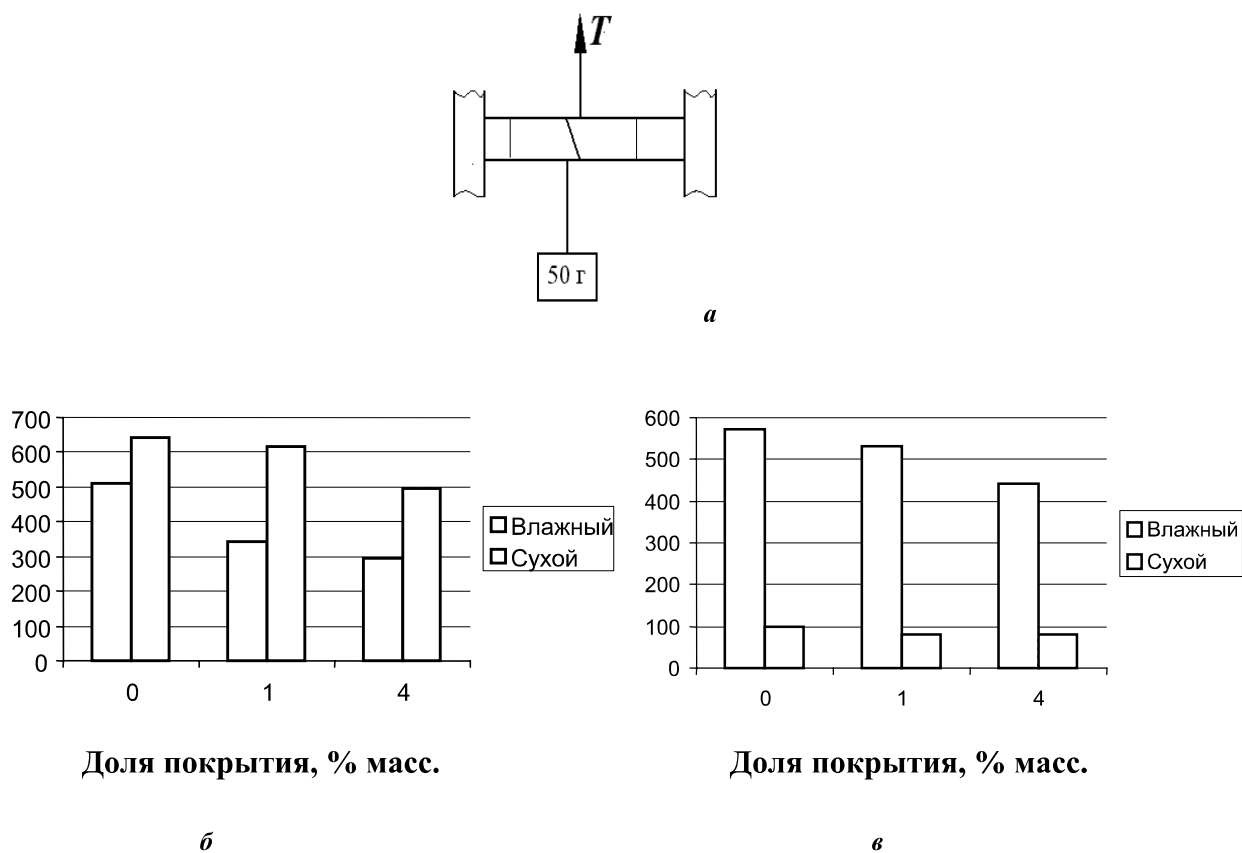


Рис. 3. Схема испытания (а) и влияние покрытия на усилие страгивания (б) и среднее усилие протягивания (в) нитей из лавсана в сухом и влажном состоянии.

Эффект страгивания проявляется в том, что трение покоя превышает трение скольжения нити по биоткани (рис. 3 б).

Увеличение толщины покрытия до 4% масс. оказывает более заметное влияние на усилие страгивания в сухом состоянии и в меньшей степени — на усилие страгивания во влажной среде (рис. 3а). Иной характер изменения усилия протягивания при увели-

чении толщины покрытия (рис. 3б) обусловлен, по-видимому, сохранением минимального количества ППК, как твердой смазки, при кинетическом трении сухих нитей и его удалением при трении во влажной среде.

Снижение трения при наложении швов и вязке узлов повышает степень атравматичности шовного материала, в особенности шелка. При этом используются ценные ма-

нипуляционные свойства шелковой основы, которая практически не растягивается и надежно фиксируется всего двумя узлами.

Синтетические волокна на основе полиамида и полиэтилентерефталата также приобретают лучшие манипуляционные свойства, поскольку увеличение контактной деформации при формировании узла нити с мягким покрытием способствует фиксации узлового соединения.

Улучшение манипуляционных свойств нитей подтверждается также опытом выполнения швов модифицированными нитями на подопытных животных.

Заключение

Предложенный деформационный критерий является методической основой для объективной оценки манипуляционных свойств хирургических нитей. Низкомолекулярные полимерные покрытия, повышающие совместимость нитей с биотканями, являются также средством оптимизации манипуляционных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буянов В.М., Егизев В.Н., Удотов О.А. Хирургический шов. — Москва, Рапид-Принт, 1993.
2. Винокурова Т.И., Кирюхин С.М., Федорова Е.Ф. Выбор метода оценки жесткости хирургических нитей // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности, 1997. — Т. 236, — № 2. — С. 6—9.
3. Shadrin V.V., Teplikov A.V. Handling characteristics of surgical threads // Russian Journal of Biomechanics. — 2001 — 5, — № 3. — С. 41—50.
4. Shilko S.V., Grakovich P.N., Khizhenok V.F., Parkalov S.V. Biomechanical properties of surgical threads covered with functional coatings // Russian Journal of Biomechanics. — 2003. — Vol. 7, — № 2. — P. 53—58.
5. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. — М.: Мир, 1989.

Поступила 15.11.2004