

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ХИРУРГИЧЕСКИХ ШВОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ШОВНЫХ МАТЕРИАЛОВ К МЕХАНИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ

*Гольцов М. В., Николаева-Киселевич А. И., Тарелко М. А., Дятчик В. И.*

*Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск*

**Реферат.** На сегодняшний день существует множество типов узлов для соединения нитей, шпагатов и тросов. Однако в хирургической практике применяются не более десятка вариантов соединения нитей. Каждый

хирург чаще всего использует всего 2–3 наиболее отработанных и удобных для него типа узла. Наиболее распространеными являются хирургический, простой, морской и их модификации (рис. 1). Основное требование к хирургическому узлу — стабильность — неспособность к самопроизвольному развязыванию за счет скольжения нитей относительно друг друга.

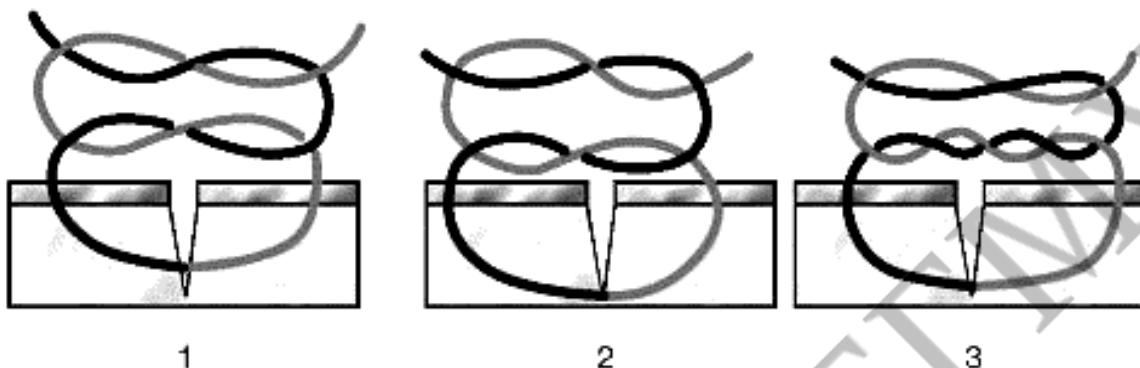


Рис. 1. Основные типы узлов, применяемых в хирургии:  
1 – простой; 2 – морской; 3 – хирургический

Слизистая оболочка полости рта обладает рядом особенностей, которые способствуют дестабилизации узла: присутствие ротовой жидкости, обильная васкуляризация, хорошая иннервация, подвижность слизистой оболочки, обилие условно-патогенных микроорганизмов. Поэтому многочисленные петли в узле не всегда повышают его прочность, но всегда увеличивают объем шовного материала в ткани, гарантированно усиливая реакцию на инородное тело и увеличивая площадь ретенционного пункта для микроорганизмов.

**Цель** — изучить способность хирургических узлов из различных шовных материалов сохранять стабильность при механической нагрузке.

**Задачи:**

- 1) установить зависимость между типом узла, количеством узлов, типом и диаметром шовного материала и стабильностью узла при механической нагрузке;
- 2) определить изменение диаметра шовного материала после нагрузки по сравнению с исходным;
- 3) определить прочность на разрыв шовного материала;
- 4) определить выносливость мягких тканей к нагрузке.

**Материалы и методы.** В ходе эксперимента были исследованы следующие типы шовного материала:

- 1) монофиламентный синтетический рассасывающийся шовный материал на основе полидиоксанона («Сургикрол», изготовитель «Футберг»);
- 2) монофиламентный синтетический нерассасывающийся шовный материал из полипропилена («Даклон», изготовитель «Футберг»);

3) полифиламентный синтетический рассасывающийся шовный материал из полимера гликоловой кислоты с покрытием на основе стеарата кальция и поликапролактона («ПГА», изготовитель «Футберг»).

Каждый шовный материал был использован в размерах 0,3 мм, 0,2 мм, 0,15 мм. Использовались простой и морской узел в комбинациях: 2-1-1, 2-1-1-1, 2-1-1-1-1. В качестве измерительных приборов использовались штангенциркуль, микрометр и динамометр.

Для определения стабильности узлов была создана экспериментальная установка (рис. 2), которая состоит из основания (рис. 2, *d*), на котором закреплена катушка с металлической проволокой (рис. 2, *c*), относительное растяжение которой близко к 0. На противоположном конце основания находятся металлические штыри с покрытием, обеспечивающим низкий коэффициент трения, на которых в процессе эксперимента завязывался узел (рис. 2, *a*). К катушке прикреплен динамометр (рис. 2, *b*). Изначально сила прикладывается к катушке, которая посредством натяжения металлической проволоки передает ее на динамометр, затягивающий узел. При помощи значений на электронном табло динамометра фиксировалась сила, которая действует на узел. Узлы завязывались аподактильно с фиксированной динамометром силой в 12 Н. Также производилась фиксация изменения диаметра нити шовного материала и удлинения нити за счет деформации растяжения.

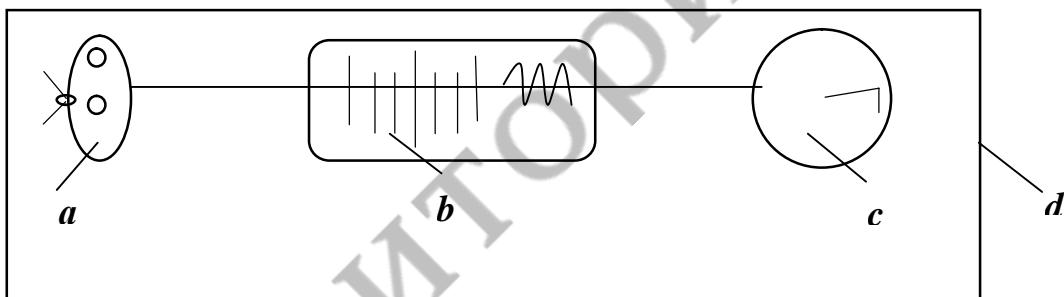


Рис. 2. Экспериментальная установка:

*a* — металлические штыри, с покрытием, обеспечивающим низкий коэффициент трения, на которых в процессе эксперимента завязывался узел; *b* — динамометр; *c* — катушка с металлической проволокой; *d* — основание установки

Чтобы определить максимальную силу, с которой возможно действовать на узел, мы определили прочность нити на разрыв (при помощи экспериментальной установки измерили силу, при которой происходит разрыв нити: постепенно увеличивающейся силой воздействовали на нить до ее разрыва, значение величины силы, вызывавшей разрыв, фиксировали динамометром). Также было проведено определение выносливости мягких тканей на разрыв. В качестве модельного материала использовались мышечные ткани курицы, где фиксировался узел и с помощью динамометра растягивался с силой, вызывающей разрыв тканей. Сравнивая полученные

значения, мы определили, что прочность нити на разрыв значительно превышает прочность мягких тканей на разрыв. В реальных условиях данные пороговых значений нагрузок невозможны, однако в полости рта на узел действуют перманентные циклические малые силы на протяжении длительного периода времени.

Далее при помощи экспериментальной установки была определена стабильность узлов из различных шовных материалов. Для определения стабильности узла в эксперименте нами была применена сила, приближающаяся к значению прочности нити на разрыв (на 5 Н ниже порогового значения). Для каждого типа узла было проведено 10 измерений.

Для статистической обработки данных использовалась программа Statistica 6.1.

Для подсчета статистических данных были выбраны следующие показатели:

- среднее квадратичное отклонение,
- ошибка репрезентативности средней величины,
- величина предельной ошибки.

Определение степени вероятности безошибочного прогноза проводилось по критерию  $t$  (Стьюдента) с вероятностью ошибки расчетов 1 %.

**Результаты и обсуждение.** «Сургикрол». В ходе эксперимента выяснилось, что морской узел стабильнее прямого. С увеличением количества узлов растет их прочность, однако разница между комбинациями 2-1-1-1 и 2-1-1-1-1 не является существенной. Лучший узел для данного шовного материала — морской узел в комбинации 2-1-1-1 (табл. 1).

Таблица 1  
Результаты исследования материала «Сургикрол»

| Диаметр, мм | Прочность на разрыв, Н | Нагрузка при измерении, Н | Изменение диаметра нити, мм | Увеличение размера петли узла, мм |         |           |         |         |           |
|-------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
|             |                        |                           |                             | прямой                            |         |           | морской |         |           |
|             |                        |                           |                             | 2-1-1                             | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 | 2-1-1   | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 |
| 0,3         | 82                     | 77                        | 0,01                        | 2,04                              | 1,87    | 0,0       | 1,33    | 0,23    | 0,0       |
| 0,2         | 55                     | 5                         | 0                           | 0,45                              | 0,14    | 0,1       | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
| 0,15        | 28                     | 23                        | 0                           | 0,45                              | 0,0     | 0,0       | 0,36    | 0,0     | 0,0       |

«Даклон». Показал лучшие результаты среди исследуемых шовных материалов. Лучший узел для данного шовного материала — морской в комбинации 2-1-1 (табл. 2).

«ПГА». Произошло развязывание всех типов узлов. При увеличении количества узлов прочность возрастает, но существенных различий между комбинациями 2-1-1-1 и 2-1-1-1-1 не выявлено. Лучший результат показал морской узел в комбинации 2-1-1-1 (табл. 3).

Таблица 2

## Результаты исследования материала «Даклон»

| Диаметр, мм | Прочность на разрыв, Н | Нагрузка при измерении, Н | Изменение диаметра нити, мм | Увеличение размера петли узла, мм |         |           |         |         |           |
|-------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
|             |                        |                           |                             | прямой                            |         |           | морской |         |           |
|             |                        |                           |                             | 2-1-1                             | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 | 2-1-1   | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 |
| 0,3         | 60                     | 55                        | 0                           | 0,38                              | 0,0     | 0,0       | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
| 0,2         | 41                     | 36                        | 0,01                        | 0,43                              | 0,0     | 0,0       | 0,0     | 0,0     | 0,0       |
| 0,15        | 24                     | 19                        | 0                           | 0,43                              | 0,0     | 0,0       | 0,0     | 0,0     | 0,0       |

Таблица 3

## Результаты исследования материала «ПГА»

| Диаметр, мм | Прочность на разрыв, Н | Нагрузка при измерении, Н | Изменение диаметра нити, мм | Увеличение размера петли узла, мм |         |           |         |         |           |
|-------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---------|-----------|---------|---------|-----------|
|             |                        |                           |                             | прямой                            |         |           | морской |         |           |
|             |                        |                           |                             | 2-1-1                             | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 | 2-1-1   | 2-1-1-1 | 2-1-1-1-1 |
| 0,3         | 90                     | 85                        | 0,01                        | 3,6                               | 2,4     | 0,7       | 2,95    | 1,48    | 0,75      |
| 0,2         | 47                     | 42                        | 0,01                        | 2,05                              | 1,78    | 1,76      | 1,6     | 0,54    | 0,57      |
| 0,15        | 30                     | 25                        | 0                           | 1,73                              | 0,05    | 0,0       | 0,0     | 0,0     | 0,0       |

В результате эксперимента выявлена более высокая стабильность узлов из монофиламентных материалов, чем из полифиламентных при одинаковом их диаметре. Данное явление, по всей вероятности, объясняется уменьшением прочностных характеристик вследствие возникновения эффекта текучести в данном диапазоне напряжения (рис. 3).

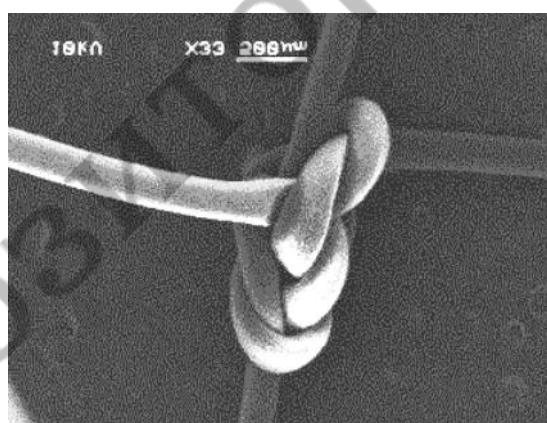


Рис. 3. Возникновение эффекта текучести

**Выводы:**

1. В ходе эксперимента было выяснено, что стабильность хирургического узла зависит от типа узла, количества узлов, типа и диаметра шовного материала.
2. По результатам исследования лучший результат показал морской узел, а самой надежной комбинацией является 2-1-1-1.

3. Использование большего количества узлов признано нецелесообразным, т.к. значительной разницы между 2-1-1-1 и 2-1-1-1-1 не выявлено.

4. Изменение диаметра нити после нагрузки является незначительным, это говорит ничтожном вкладе деформации растяжения в изменении длины петли узла и удлинение нити шовного материала происходит только за счет проскальзывания.

5. Монофиламентный материал показал лучшие результаты, чем полифиламентный, что объясняется локальным снижением диаметра нити в узле во время действия силы, за счет чего происходит самозатягивание узла.

6. Нагрузки, которым подвергались шовные материалы во время эксперимента, являются экстремальными и их воспроизведение в полости рта невозможно, но в полости рта действуют иные — перманентные — силы в течение длительного периода времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Knot security-how is it affected by suture technique, material, size, and number of throws?* / E. Silver [et al.] // Maxillofacial surgery. 2016. Vol. 74, Is. 7. P. 1304–1312.
2. *Tera, H. C. Strength of knots in surgery in relation to type of knot, type of suture material and dimension of suture thread* / H. Tera, C. Aberg // Acta Chir. Scand. 1977. № 143. P. 75.
3. *Knot security : how many throws does it really take?* / J. E. Tidwell [et al.] // Orthopedics. 2012. № 35. P. 532.
4. *Brown, R. P. Knotting technique and suture materials* / R. P. Brown // Br. J. Surg. 1992. № 79. P. 399.
5. *Rosin, E. Knot security of suture materials* / E. Rosin, G. M. Robinson // Vet. Surg. 1989. № 18. P. 269.
6. *Борисов, Е. В центре внимания — биоразлагаемые полимеры* / Е. Борисов // The Chemical Journal. 2005. № 5. С. 68–71.
7. *Корсак, С. И. Шовный материал в хирургии : метод. рекомендации для студентов* / С. И. Корсак А. А. Баешко, Е. В. Крыжова. Минск : МГМИ, 2001. 11 с.
8. *Синельникова, Н. В. Общие вопросы оперативной хирургии : учеб.-метод. пособие* / Н. В. Синельникова. 2-е изд. Минск : БГМУ, 2007. 28 с.
9. *Слепцов, И. В. Узлы в хирургии* / И. В. Слепцов, Р. А. Черников. Санкт-Петербург : Салит-Медкнига, 2000. 176 с.

## Experimental estimation of the sustainability of surgical sutures from various suture materials to mechanical stress

**Goltsev M. A., Nikolaeva-Kiselevich A. I., Tarelko M. A., Dziatchyk V. I.**

This work presents the research of surgical knots in different combinations from monofilament sutures «Surgicrol» and «Daklon», polyfilaments material «PGA» with the aim of studying their ability to maintain stability under mechanical stress. It has been established that monofilament materials showed better results than polyfilament. The best variant of knot for is square knot in combination 2-1-1.