

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
(ПРОЧНОСТЬ И ЭЛАСТИЧНОСТЬ) КСЕНОПЕРИКАРДА,
ОБРАБОТАННОГО ПО РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДИКАМ**

В.Н. Храпунов, Н.В. Шидловский, А.А. Пищурин, А.Г. Горячев, М.А. Татунь,
Д.А.Осин, А.Ю.Ткаченко-Ткалич, А.В.Кугушина, А.А.Тельпякова

Национальный институт сердечно-сосудистой хирургии
им. Н.М. Амосова АМН Украины (Киев)

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт» (Киев)

Необходимость увеличения сроков функционирования биопротезов, изготовленных из ксеноперикарда, заставила нас разработать новый метод обработки биоматериала с применением этанола с последующей консервацией в 0,625% растворе глютарового альдегида. Изучение влияния обработки на прочностные и эластические свойства биоматериала проводилось на разрывной универсальной машине TIRATEST 2151. Определялись следующие величины: максимальное напряжение, максимальное относительное удлинение и модуль упругости. При статистическом анализе применялся непараметрический критерий Уайта. Для сравнения выборок использовались 5-ый и 95-ый центили и медиана.

Ключевые слова: ксеноперикард, этанол, глютаровый альдегид, прочность, эластичность.

Разнообразие и формы врожденных пороков сердца весьма обширны. Для их лечения необходимы современные пластические материалы, которые бывают биологического и синтетического происхождения. В современной сердечно-сосудистой хирургии все более широко применяются биологические материалы для выполнения пластических операций как внутри сердца (клапанные

биопротезы, заплаты для закрытия внутрисердечных дефектов и пр.) так и на периферических сосудах. Наиболее распространенные – ксеноперикард, ксеноаортальные клапанные биопротезы, аутовена и пр. Эти материалы более предпочтительны в силу своих прочностных и эластических характеристик. Биоматериал должен быть биосовместимым, не вызывать иммунный ответ у организма. Для достижения этих свойств используются различные методы химической обработки. Предлагаемая нами методика представляет собой двухэтапную обработку бычьего ксеноперикарда глутаровым альдегидом (ГА) и этанолом. Первичная обработка этанолом способствует экстракции жирных кислот, фрагментов холестерина, фосфолипидов, а также протеогликанов, которые являются основой для кальцификации биоматериала, и, следовательно, уменьшают срок службы материала. Обработка ГА устраняет антигенность ксеноперикарда [2,4].

Вследствие обработки могут меняться физические и биологические свойства, поэтому необходимо проведение исследования влияния методов обработки заготовки на прочностные качества материала и биологическую совместимость.

Цель. Оценка изменений механических характеристик бычьего ксеноперикарда, в частности, прочности на растяжение и упругости в зависимости от методов его обработки.

Материал и методы. В работе приводятся исследования бычьего ксеноперикарда размерами 122 x 33 x 0,25мм. Образцы разбиты на три группы в зависимости от способа обработки: к первой группе относятся нативные образцы, ко второй- обработанные в 0,625 % ГА в течении 2 недель, к третьей – ксеноперикард, обработанный в 80% раствором этанола в течении суток и 0,625 % ГА в течении 2 недель. Количество образцов в первой группе – 2 шт., во второй и третьей – по 8шт.

Исследование механических свойств ксеноперикарда – таких как растяжение и деформация – для определения эластичности и прочности материала проводятся на универсальной разрывной машине TIRATEST 2151 с заданной постоянной

скоростью зажима 50мм/мин. Данная методика позволяет получить диаграмму деформирования образцов ксеноперикарда, исходя из нее определяется модуль упругости (М), максимальное напряжение (G_{max}) и максимальное относительное удлинение (ϵ_{max}) на линейном участке диаграммы [1].

Таблица 1

Определяемые параметры. Единицы измерения. Методики измерений

| Определяемый параметр | Единица измерения | Методика измерения |
|-----------------------|-------------------|---|
| G_{max} | МПа | Автоматическое определение ординаты крайней максимальной точки на линейном участке графика |
| ϵ_{max} | % | Автоматическое определение абсциссы крайней максимальной точки на линейном участке графика |
| М | МПа | Вычисляется на линейном участке графика по закону Гука: $G = M \cdot \frac{\Delta l}{l} 100\% = M \cdot \epsilon \quad (2.1)$ <p>где Δl- абсолютная деформация образца, мм; l- начальная длина образца, мм ϵ – относительная деформация, %</p> |

Сложность получения экспериментальных образцов существенно ограничивает их количество, поэтому статистическая обработка данных будет вестись для групп по 8 образцов, первая группа образцов нативного ксеноперикарда является контрольной.

Таблица 2

Начальные данные механических свойств ксеноперикарда

| | $G_{max}, \text{МПа}$ | | $\epsilon_{max}, \%$ | | $M, \text{МПа}$ | |
|---|-----------------------|-------|----------------------|------|-----------------|------|
| | | | | | | |
| Ксеноперикард, обработанный 0,625% ГА $N_1=8$ | 11,65 | 10,21 | 33,8 | 42,4 | 2,47 | 3,1 |
| | 14,14 | 13,46 | 33,8 | 45,2 | 1,39 | 1,45 |
| | 22,4 | 27,44 | 34,2 | 67,4 | 1,26 | 1,34 |
| | 11,89 | 13,79 | 62 | 36,1 | 2,38 | 3,2 |
| Ксеноперикард, обработанный 0,625% ГА та 80% этиловым спиртом $N_2=8$ | 18,77 | 40,73 | 40 | 60,8 | 1,36 | 1,71 |
| | 25,67 | 48 | 68,4 | 76 | 2,04 | 1,88 |
| | 15,76 | 14,2 | 48,12 | 46,7 | 1,21 | 1,6 |
| | 23,31 | 15,62 | 51,1 | 38,9 | 2,67 | 1,44 |
| Нативный ксеноперикард $N_3=2$ | 14,3 | 15,7 | 32 | 24,4 | 5,6 | 8,2 |

Результаты и обсуждение. Для статистического анализа данных необходимо выбрать критерий расхождения и параметры сравнения выборок. Отсутствие нормального закона распределения заставляет применить непараметрический критерий Уайта. Параметрами сравнения будут центили и медиана [3].

Таблица 3

Значения центиль для определяемых параметров свойств ксеноперикарда

| Определяемый параметр | 5-ый центиль | 95-ый центиль | Медиана |
|-----------------------|--------------|---------------|---------|
| G_{max1} | 10,64 | 25,93 | 13,46 |
| G_{max2} | 13,95 | 45,09 | 18,77 |
| G_{max3} | - | - | 15,0 |
| ϵ_{max1} | 33,8 | 65,78 | 42,4 |
| ϵ_{max2} | 37,22 | 72,96 | 48,12 |
| ϵ_{max3} | - | - | 28,2 |
| M_1 | 1,29 | 3,17 | 1,92 |
| M_2 | 1,26 | 2,45 | 1,66 |
| M_3 | - | - | 6,9 |

Согласно критерию Уайта выборки имеют существенные расхождения по максимальному напряжению (G_{\max}). Между 5-ым и 95-ым центилем находится 90% значений выборки [3].

Исходя из выше перечисленных данных, 90% значений G_{\max} второй выборки «ГА-этанол» находятся в диапазоне (13,954; 45,092), что больше чем для первой выборки «ГА» (10,642; 25,928). Следовательно наблюдается упрочнение ксеноперикарда при его обработке 80% раствором этанола в течении суток и 0,625% раствором ГА в течении 2 недель.

Согласно критерию Уайта расхождение в данных двух групп по измеряемым параметрам – максимальному относительному удлинению (ϵ_{\max}) и модулю упругости (М) обусловлено лишь случайным характером выборок, т.е. нельзя говорить о изменении эластических свойств ксеноперикарда, обработанного по различным методикам.

Выводы. В результате проведенных экспериментов и анализе результатов сделан вывод, что обработанный по методике "ГА + этанол" ксеноперикард имеет более высокие прочностные свойства, по-сравнению с нативным и обработанным лишь ГА ксеноперикардом. В двух последних группах эластические и жесткостные свойства почти не изменяются.

Если при исследовании на биосовместимость будет получен положительный результат, ксеноперикард обработанный 0,625 % ГА и 80% раствором этанола можно будет рекомендовать к применению в клинической практике.

Литература

1. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика, изд-во Политехник, Санкт-Петербург, 2000– 68 с.
2. Бураковский В.И., Бокерия Л.А., Алекси-Месхишвили В.В. и др. Сердечно-сосудистая хирургия: руководство /Под ред. Бураковского В.И., Бокерия Л.А. – М.: Медицина, 1989. – 752 с.

3. Гланц С. Медико-биологическая статистика, изд-во Практика. – М., 1999 – 48 с.
4. Фурсов Б.А., Быкова В.А Биопротезирование клапанов сердца, авт. Диссертация. – М., 1984.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ (МІЦНІСТЬ Й ЕЛАСТИЧНІСТЬ) КСЕНОПЕРИКАРДА, ОБРОБЛЕНОГО РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

**В.М. Храпунов, М.В. Шидловський, О.А. Піщурін, А.Г. Горячев, М.О.
Татунь, Д.О.Осин, О.Ю.Ткаченко-Ткаліч, А.В.Кугушина, А.А.Тельпякова**

Необхідність збільшення строків функціонування біопротезів, виготовлених із ксеноперикарда, змусила нас розробити новий метод обробки біоматеріала із застосуванням етанолу з наступною консервацією в 0,625% розчині глютарового альдегіду. Вивчення впливу обробки на механічні властивості біоматеріала проводилося на розривній універсальній машині TIRATEST 2151. Визначалися наступні величини: максимальна напруга, максимальне відносне подовження й модуль пружності. При статистичному аналізі застосовувався непараметричний критерій Уайта. Для порівняння вибірок використовувалися 5-ий й 95-ий центілі й медіана.

Ключові слова: ксеноперикард, етанол, глютаровий альдегід, міцність, еластичність.

RESEARCH OF MECHANICAL PROPERTIES (SOLIDITY AND ELASTICITY) OF XENOPERICARDIUM TREATED USING VARIOUS METHODS

**V.N Khrapunov, N.V. Shidlovskiy, A.A. Pishchurin, A.G. Goryachev, M.A.
Tatun, D.A. Osin, A.Y. Tkachenko-Tkalitch, A.V. Kugushina, A.A. Telpyakova**

The need to increase the term of operation of bio-prostheses made of xenopericardium has led us to develop a new method for processing biological material with the use of ethanol, with subsequent preservation in a 0,625% gluteraldehyde

solution. The study of the effect of treatment on the strength and elastic properties of the biomaterial was performed on a discontinuous universal machine TIRATEST 2151. The following values were determined: maximum tension, maximum relative elongation and modulus of elasticity. White's nonparametric criterion was used in the statistical analysis. Comparison parameters were the 5th and 95th centiles and the median.

Key`s words: xenopericardium, ethanol, solidity, elasticity.