

УПРУГО-ДЕФОРМАТИВНЫЕ СВОЙСТВА КОМБИНИРОВАННЫХ АЛЛОТРАНСПЛАНТАТОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТенок ОРБИТЫ

Необходимость изучения биомеханических свойств аллотрансплантатов вызвана запросами практической медицины. На основе изучения прочностных и деформативных свойств тканей решаются задачи восстановительной хирургии, трансплантологии и других наук. Задачей физико-механических исследований является оценка аллотрансплантата как материала, временно или постоянно выполняющего после пересадки механические функции. Различные способы изготовления, консервации, лиофилизации и стерилизации трансплантатов зачастую приводят к изменениям биомеханических свойствах тканей. Сохранение упруго-деформативных свойств аллотрансплантатов в процессе их изготовления является важным фактором, обуславливающим эффект их клинического применения. Для оценки прочностных свойств комбинированных аллотрансплантатов для восстановления стенок орбиты, изготовленных по технологии Аллоплант в тканевом банке Всероссийского центра глазной и пластической хирургии г. Уфы были проведены биомеханические испытания. Комбинированные аллотрансплантаты были смоделированы из дермы опорных участков стопы и армированы реберным хрящом.

Проведенные испытания показали следующие результаты – показатели относительного удлинения, предела прочности и модуля упругости (Юнга) аллотрансплантатов дермы не претерпевают достоверных изменений (по сравнению с контрольной группой – нативной дермой), что позволяет сделать заключение о сохранении механических свойств данных аллотрансплантатов после физико-химической обработки. Показатели предела прочности и пластической деформации аллотрансплантатов реберного хряща, обработанных по технологии Аллоплант, также не претерпели значительных изменений по сравнению с контролем (нативным хрящом).

Установлено, что многоступенчатая физико-химическая обработка по технологии Аллоплант не оказывает отрицательного воздействия на прочностные характеристики дермы опорных участков стопы и реберного хряща, которые используются для изготовления комбинированного аллотрансплантата для восстановления стенок орбиты. При реконструктивных операциях важную роль играют такие прочностные свойства аллотрансплантатов, как напряжение и деформация, которые, в свою очередь, имеют принципиальное значение при формировании стенок орбиты.

Ключевые слова: аллотрансплантаты, биомеханические свойства, реконструктивная офтальмохирургия.

Актуальность

Необходимость изучения механических свойств аллотрансплантатов вызвана запросами практической медицины. На основе изучения прочностных и деформативных свойств тканей решаются задачи восстановительной хирургии, трансплантологии и других наук [4]–[6]. И.Л. Иоффе и соавторы (1975), отметили, что «при современном развитии пластической и реконструктивной хирургии требуются точные представления о разнообразных, в том числе и механических, свойствах используемых тканей и органов».

Одной из задач физико-механических исследований является оценка трансплантата как материала, временно или постоянно выполняющего после пересадки механические функции [3], [7]. Различные способы изготовления, консервации, лиофилизации и стерилизации трансплантатов зачастую приводят к изменениям биомеханических свойствах тканей.

Цель исследования

Изучить биомеханические свойства комбинированных аллотрансплантатов для восстановления стенок орбиты, изготовленных по технологии Аллоплант.

Материалы и методы

Аллотрансплантаты для восстановления стенок орбиты были изготовлены из дермы опорных участков стопы, армированной реберным хрящом, в тканевом банке Всероссийского центра глазной и пластической хирургии г. Уфы. Аллотрансплантаты консервированы по технологии Аллоплант и радиационно-стерилизованы. В контрольной группе проводили биомеханические испытания нативных тканей – дермы опорных участков стопы и реберного хряща.

Изучение механических свойств аллотрансплантатов проводили на универсальной машине для испытания прочностных свойств материалов модели 1185 Instron (Англия). Данная

машина является прибором высокой точности и позволяет проводить испытания материалов на растяжение и сжатие. Диапазон нагрузок от 0 до 100 Н (ньютонов), скорость перемещения траверсы от 0,005 до 250 мм/мин. Для проведения экспериментов нагрузочная рама снабжена зажимами, механическими и пневматическими штангами различной формы. Испытания материалов на растяжение проводили с использованием захватов для закрепления тканей. При испытании на сжатие материалы помещали в специальные бойки.

Образцы подвергали одноосному линейному растяжению (сжатию) с графической регистрацией диаграмм зависимости деформация-напряжение, по которым определяли основные механические параметры: предел прочности, модуль упругости, относительное удлинение. Предел прочности (δ) определяли как отношение разрушающей нагрузки (P) к площади поперечного сечения образца (S). Толщину исследуемых образцов определяли с помощью микрометра. Площадь поперечного сечения образцов вычисляли по формуле $S = b \cdot h$, где b – ширина образца (мм), h – толщина образца (мм). Модуль Юнга определяли по формуле $E = \delta / \epsilon$, где δ – предел прочности, ϵ – относительное удлинение. Относительное удлинение (E) определяли как отношение $\Delta L / L_0$, где ΔL – абсолютное удлинение, L_0 – начальная длина образца [1].

Величину относительного удлинения определяли для образцов дермы. Для образцов гиалинового хряща проводили испытание на сжатие и определяли относительное укорочение (уширение). В результате упругой деформации при сжатии образец укорачивается. Следовательно, вместо регистрации после растяжения показателей относительного удлинения, для образцов реберного хряща определяли относительное укорочение. По мере сжатия на торцевых поверхностях образца возникают силы трения, направленные по радиусам к центру и препятствующие деформациям в горизонтальном направлении. В результате образец приобретает бочкообразную форму, а напряженное состояние становится различным в разных точках образца.

Статистическую обработку полученных данных производили с помощью таблиц Стрелкова Р.Б. и экспресс-метода статистики. Уровень значимости доверительного интервала $P=0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

В данном разделе представлены результаты исследования механических свойств аллотрансплантатов для восстановления стенок орбиты как нативных, так и подвергнутых обработке по технологии Аллоплант. Сохранение прочностных свойств исследуемых тканей (дермы опорных участков стопы и реберного хряща) имеет принципиальное значение при их использования в клинической практике, так как после пересадки данные аллотрансплантаты испытывают определенную механическую нагрузку.

При изучение упруго-прочностных свойств аллотрансплантатов дермы опорных участков стопы получены следующие результаты. Трансплантаты дермы имеют многовекторную ориентацию пучков коллагеновых волокон. Испытания прочностных свойств данных трансплантатов проводили на растяжение. Анализ полученных результатов показал, что параметры относительного удлинения, предела прочности и модуля упругости не претерпевали выраженных изменений после обработки нативной дермы опорных участков стопы по технологии Аллоплант. Так, показатели относительного удлинения подвержены незначительным колебаниям среднего значения от $0,6 \pm 0,06$ в контрольном образце, до $0,5 \pm 0,04$ в экспериментальном образце. Параметры предела прочности и модуля упругости (Юнга) аллотрансплантатов дермы также не претерпевают достоверных изменений, что позволяет сделать заключение о сохранении механических свойств данных аллотрансплантатов после физико-химической обработки. Цифровые значения результатов биомеханических испытаний представлены в таблице 1.

Упруго-прочностные свойства аллотрансплантатов реберного хряща определяли двумя параметрами – предел прочности и деформация на сжатие (относительное укорочение). При анализе полученных данных средней величины предела прочности исследуемых образцов реберного хряща, получены следующие результаты: для нативного реберного хряща величина предела прочности составляла $10,8 \pm 0,8$ МПа; после обработки по технологии Аллоплант величина предела прочности состав-

Таблица 1. Прочностные характеристики аллотрансплантатов дермы (P=0,05)

Наименование	Предел прочности (МПа) (M±m) (M±L)	Относительное удлинение (M±m) (M±L)	Модуль упругости (Юнга) (МПа) (M±m) (M±L)
нативная дерма	12,9±0,7 (12,2÷13,6)	0,6±0,06 (0,54÷0,66)	23,5±1,2 (22,3÷24,7)
аллотрансплантат дермы	12,5±1,4 (11,1÷13,9)	0,5 ±0,04 (0,46÷0,54)	23,4±1,8 (21,6÷25,2)

Таблица 2. Прочностные характеристики аллотрансплантатов хряща (P=0,05)

Наименование	Предел прочности (МПа) (M±m) (M±L)	Относительное укорочение (M±m) (M±L)
нативный хрящ	10,8±0,8 (10,0÷11,6)	0,26±0,08 (0,18÷0,34)
аллотрансплантат хряща	10,2±0,6 (8,6÷9,8)	0,23±0,07 (0,16÷0,3)

ляля 10,2±0,6 МПа. Параметры пластической деформации также не претерпевали значительных изменений после физико-химической обработки. Если средняя величина пластической деформации нативного хряща равна 0,26±0,08, то величина данного параметра аллотрансплантатов, обработанных по технологии Аллоплант, составляла 0,23±0,07. Сводные данные прочностных показателей нативного реберного хряща и аллотрансплантатов реберного хряща представлены в таблице 2.

Полученные биомеханические показатели свидетельствуют о сохранение прочностных свойств аллотрансплантатов хряща, обработанных по технологии Аллоплант, а затем радиационно-стерилизованных.

Заключение

Таким образом, многоступенчатая химическая обработка по технологии Аллоплант не приводит к изменениям прочностных характеристик аллотрансплантатов для восстановления стенок орбиты.

Сохранение упруго-деформативных свойств аллотрансплантатов в процессе их изготовления является важным фактором, обуславливающим эффект их клинического применения. При реконструктивных операциях важную роль играют такие прочностные свойства аллотрансплантатов, как напряжение и деформация, которые, в свою очередь, имеют принципиальное значение при формировании стенок орбиты.

10.09.2015

Список литературы:

1. Березовский В.А. Биофизические характеристики тканей человека / В.А. Березовский, Н.Н. Колотилов. – Киев: Наукова думка, 1990. – 224с.
2. Иоффе И.Л. Вопросы изучения механических свойств некоторых мягких тканей и органов тела человека / И.Л. Иоффе, А.Н. Черномашенцев, В.А. Ярцев // Биомеханика. – Рига, 1975. – С. 174–176.
3. Канюков В.Н. Биологическое и экспериментально-гистологическое обоснование новых технологий в офтальмохирургии / В.Н. Канюков, А.А. Стадников, О.М. Трубина. – М.: Медицина, 2005. – 160 с.
4. Лекишвили М.В. Технологии изготовления костного пластического материала для применения в восстановительной хирургии: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2005. – 47 с.
5. Нигматуллин Р.Т. Очерки трансплантации тканей. – Уфа: Ксерокс СТМ, 2003. – 160 с.
6. Савельев В.И. Актуальные проблемы трансплантации тканей / В.И. Савельев, Н.В. Корнилов. – СПб.: МОРСАРАВ, 2001. – 152 с.
7. Шангина О.Р. Морфологические основы радиационной устойчивости соединительнотканых трансплантатов: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Саранск, 2007. – 34 с.

Сведения об авторах:

Шангина Ольга Ратмировна, заместитель генерального директора по производству биоматериалов, заведующий лабораторией консервации тканей, ведущий научный сотрудник Всероссийского центра глазной и пластической хирургии, доктор биологических наук

Мусина Ляля Ахияровна, заведующий лабораторией электронной микроскопии, ведущий научный сотрудник Всероссийского центра глазной и пластической хирургии, доктор биологических наук