

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЯЗКОСТИ, УСАДКИ И ПРОЧНОСТИ БИОКОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА, СОДЕРЖАЩЕГО ИММУНОМОДУЛЯТОР

Варганов М.В., Митюхина А.П.

*ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия», г. Ижевск, Удмуртская Республика, Россия
(426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281), e-mail:mistapa@mail.ru*

Серьезной проблемой современной восстановительной хирургии в травматологии и ортопедии, челюстно-лицевой хирургии и нейрохирургии является пластика дефектов костной ткани, образующихся при хирургическом лечении ряда заболеваний и повреждений кости. В данной статье представлены качественные характеристики биокompозитного вещества с добавлением иммуномодулятора «Деринат», позволяющие его использование в качестве имплантата для замещения костного дефекта. Нами проведены исследования прочности, вязкости и усадки биокompозита, состоящего из гидроксиапола, гипса и иммуномодулятора при различном процентном соотношении. Изучение прочности с использованием разрушающей нагрузки определяли на разрывной машине Р-0,5. Исследование динамической вязкости биокompозитного материала проводили с помощью измерения вискозиметром времени истечения определенного объема испытываемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Определяли усадку биокompозитного материала измерением разницы длины и объема исследуемых вязких образцов при изменении его влажности. На основании полученных данных были определены необходимые соотношения компонентов с наилучшими качественными характеристиками.

Ключевые слова: хирургия, биокompозит, остеогенез, иммунитет, пластика костных дефектов.

STUDY OF VISCOSITY, SHRINKAGE AND STRENGTH OF THE BIOCOMPOSITE MATERIAL CONTAINING AN IMMUNOMODULATOR

Varganov M.V., Mityukhina A.P.

*Izhevsk State Medical Academy, Izhevsk, Udmurt Republic, Russia (281, Communarov st., Izhevsk, 426034), tel. (3412)
52-62-01, e-mail:mistapa@mail.ru*

A serious problem of modern reconstructive surgery in traumatology and orthopedics, maxillofacial surgery and neurosurgery is a plastic surgery for bone defects produced in the surgical treatment of a number of diseases and injuries of bones. This article presents the qualitative characteristics of a biocomposite material with the addition of the immunomodulator "Derinat", allowing its use as an implant to replace the bone defect. We investigated strength, viscosity and shrinkage of a biocomposite composed of hydroxyapol, plaster and the immunomodulator with varying percentages. The strength was determined with the tensile testing machine P-0.5 using breaking load. The dynamic viscosity of the biocomposite material was studied using a viscometer measuring the flow time of a certain amount of test fluid under the influence of gravity at a constant temperature. The biocomposite material shrinkage was determined by measuring the difference in the length and volume of the studied viscous samples when changing the moisture of the material. On the basis of the data obtained we determined the necessary proportions of the components with the best quality characteristics.

Keywords: surgery, biocomposite, osteogenesis, immunity, plastic surgery for bone defects.

В различные периоды развития хирургии для изготовления протезов, предназначенных для замещения дефектов кости, использовали разные материалы. В настоящее время растет доля используемых имплантатов, выполненных из различных полимерных или биополимерных – рассасывающихся материалов на основе гидроксиапатита, которые должны в разные сроки, в зависимости от их состава, замещаться костной тканью. Также для заполнения костных дефектов используют гипс, аутогенную костную щебенку, лиофилизированный аллотрансплантат, биокompозиционные материалы на основе гидроксиапатита и р-трикальций фосфата. Однако клинические результаты их

применения неоднозначны и нередко сопровождаются различными осложнениями вследствие возможного иммунного ответа [1,4,5]. Реакция костной ткани при использовании фиксаторов из рассасывающихся материалов может быть различной — от невыраженной, слабовидимой, до проявления массивного остеолита, появления кистоподобных полостей в местах расположения имплантата, что обусловлено различными факторами.

В современной литературе недостаточно работ, посвященных сравнительному клинико-экспериментальному изучению влияния различных по составу и происхождению остеопластических препаратов на динамику остеогенеза и заживления костных ран.

В этой связи исследование по изучению свойств различных остеопластических материалов, выполненное в экспериментальных и клинических условиях, направленное на изучение прочности, вязкости и усадки биокompозитного материала, иммунной реакции окружающих тканей на введение имплантата представляется актуальным и своевременным способом совершенствования хирургической помощи [2,3].

Цель исследования

Определить качественные характеристики биокompозитного вещества с добавлением иммуномодулятора «Деринат», позволяющие его использование в качестве имплантата для замещения костного дефекта.

Материалы и методы

Нами проведены исследования прочности, вязкости и усадки различных составов биокompозитного материала, состоящего из гидроксиапола, гипса и иммуномодулятора «Деринат» при различном процентном соотношении компонентов. Изготовление смесей производили в регрессионной последовательности, для каждого из компонентов изменяли массовую долю компонента от 90 % до 10 % от общей массы смеси. Таким образом, было сформировано три группы (таблицы 1–3) по 9 образцов в каждой. Оставшиеся два компонента смешивали в равных долях, тем самым замещая оставшуюся часть биокompозитной смеси. Таким образом, базовая часть биокompозитной смеси постепенно увеличивалась с 10 % до 90 % по отношению к исследуемому компоненту.

Таблица 1

Соотношение компонентов смеси образцов группы №1

№№	Соотношение массовых долей		
	Гипс (%)	Гидроксиапол (%)	Деринат (%)
1	90	5	5
2	80	10	10
3	70	15	15
4	60	20	20

5	50	25	25
6	40	30	30
7	30	35	35
8	20	40	40
9	10	45	45

Таблица 2

Соотношение компонентов смеси образцов группы № 2

№№	Соотношение массовых долей		
	Гидроксиапол (%)	Гипс (%)	Деринат (%)
1	90	5	5
2	80	10	10
3	70	15	15
4	60	20	20
5	50	25	25
6	40	30	30
7	30	35	35
8	20	40	40
9	10	45	45

Таблица 3

Соотношение компонентов смеси образцов группы №3

№№	Соотношение массовых долей		
	Деринат (%)	Гидроксиапол (%)	Гипс (%)
	90	5	5
	80	10	10
	70	15	15
	60	20	20
	50	25	25
	40	30	30
	30	35	35
	20	40	40
	10	45	45

Прочность определяли на разрывной машине Р-0,5. Исследовались разрушающая нагрузка (кг), предел прочности на сжатие кгс/см². Приготовленная смесь помещалась в

формы до полного затвердевания. Каждый готовый образец представлял из себя кубик правильной геометрической формы, с длиной грани 1 см. Исследование полученных образцов проводилось до полного разрушения последних. Оценку размеров и возникающих деформаций в процессе эксперимента производили с помощью штангенциркуля ШЦ-2-250-0,1. Испытания проведены при температуре воздуха (20 ± 2) С и влажности (57 ± 2) %.

Исследование динамической вязкости биокompозитного материала проводили с помощью измерения калиброванным стеклянным вискозиметром времени истечения, в секундах, определенного объема испытуемой жидкости под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Кинематическая вязкость является произведением измеренного времени истечения на постоянную вискозиметра. Динамическую вязкость вычисляли, как произведение кинематической вязкости жидкости на ее плотность. После взвешивания масс компонентов – гипса, гидроксиапола и добавления иммуномодулятора смесь тщательно перемешивали стержнем достаточной длины, чтобы он касался дна контейнера. Перемешивали до тех пор, пока не будет осадка или прилипания образца к стержню. Плотно закрывали контейнер и энергично встряхивали в течение 1 мин до полного перемешивания. Выдерживали 10 минут. После достижения текучести образца и завершения процедур, приведенных выше, наливали образец в стеклянную колбу вместимостью 100 см³ в количестве, достаточном для заполнения двух вискозиметров, и неплотно закупоривали. Вискозиметр заполняли испытуемой смесью в соответствии с формой аппарата. В условиях проведения эксперимента (25°C) исследуемые смеси выдерживались 10 минут. После выдержки открывали кран на отводной трубке колена и последовательно, двумя секундомерами, измеряли время заполнения жидкостью двух измерительных (нижнего и верхнего) резервуаров, ограниченных тремя метками. В момент прохождения метки уровня жидкости М2 одновременно, первый секундомер выключали, а второй включали и выключали его в момент прохождения уровня жидкости метки М3. Для образца, находящегося в свободно текущем состоянии, время измеряли с точностью до 0,1 с.

Исследование усадки биокompозитного материала определяли измерением разницы длины и объема исследуемых вязких образцов при изменении его влажности (затвердевании). Усадка – это уменьшение объема исследуемой вязкой жидкости, залитого в форму, при его затвердевании. Уменьшение объема вязкой жидкости при изменении влажности до затвердевания и при затвердевании называется объемной усадкой. Уменьшение линейных размеров вязкой жидкости по сравнению с размерами модели называется линейной усадкой. Линейная усадка проявляется только после полного затвердевания образца. Объемная усадка начинается еще в жидком состоянии, продолжается в твердо-жидком состоянии и заканчивается в твердом состоянии.

Результаты исследований

Оценка прочности исследуемых образцов показала, что прочность нарастает при увеличении массовой доли гипса в смеси с 20 % до 70 %. Образцы с содержанием гипса менее 20 % имеют крайне невысокую прочность и разрушаются при минимальных нагрузках, не всегда улавливаемых с помощью применяемых методов. В результате исследования прочности полученного «костного цемента» обнаружено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 70 % – гипс, 20 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат». Данная комбинация обладает наибольшей прочностью на сжатие на уровне $2,3 \pm 0,1 \text{ кгс/см}^2$, разрушающая нагрузка составляет $2,3 \pm 0,1 \text{ Кг}$. В то же время образцы с соотношением 60 % – гипс, 30 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» и 80 % – гипс, 10 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» обладают достаточной $1,0 \pm 0,1 \text{ кгс/см}^2$ прочностью, позволяющей их использовать в качестве имплантата для замещения костного дефекта.

В результате исследования вязкости полученного «костного цемента» обнаружено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 40 % – гипс, 50 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат». В то же время образцы с соотношением 30 % – гипс, 60 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» и 50 % – гипс, 40 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» обладают достаточной вязкостью, позволяющей их использовать в качестве имплантата для замещения костного дефекта.

Таблица 4

Определение объемной и линейной усадки и вязкости биокомпозита

№	Соотношение компонентов, весовые части			Вязкость Па·с	Усадка			
	гипс	гидроксиапол	деринат		Объемная		Линейная	
					см ³	εv, %	см	εлин, %
1.	10	80	10	35,7	1,75	33,3	1,84	33,3
2.	20	70	10	70,9	0,65	12,4	0,69	12,5
3.	30	60	10	254,4	0,15	2,9	0,16	2,9
4.	40	50	10	292,9	0,25	4,8	0,26	4,8
5.	50	40	10	145,0	0,55	10,5	0,58	10,5
6.	60	30	10	49,6	0,85	17,5	0,90	17,6
7.	70	20	10	43,5	0,55	12,9	0,58	13,0
8.	80	10	10	30,6	0,75	20,5	0,79	20,5

Таблица 5

Результаты измерений относительной вязкости

№	Соотношение компонентов, весовые части			$\eta_{отн}$
	гипс	гидрокси- апол	деринат	
1.	10	80	10	1,17
2.	20	70	10	2,32
3.	30	60	10	8,31
4.	40	50	10	9,57
5.	50	40	10	4,74
6.	60	30	10	1,62
7.	70	20	10	1,42
8.	80	10	10	1

В результате исследования линейной усадки полученного биокompозитного вещества обнаружено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 10 % – гипс, 80 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат». В то же время образцы с соотношением 60 % – гипс, 30 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» и 80 % – гипс, 10 % – гидроксиапол, 10 % – «Деринат» обладают достаточной усадкой, позволяющей их использовать в качестве имплантата для замещения костного дефекта.

Выводы

Исходя из полученных показателей по определению оптимальных характеристик биокompозита, позволяющих его использование в качестве имплантата для замещения костного дефекта, можно сделать следующие выводы.

1. В результате исследования прочности полученного биокompозитного вещества обнаружено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 70 % – гипс, 20 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат».
2. При исследовании вязкости полученного «костного цемента» выявлено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 40 % – гипс, 50 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат».
3. В результате исследования линейной усадки полученного «костного цемента» обнаружено, что оптимальным соотношением компонентов входящих в предложенную смесь является 10 % – гипс, 80 % – гидроксиапол и 10 % – «Деринат».

Список литературы

1. Зависимость остеоиндуктивных свойств биокompозитного материала от физико-химических характеристик покрытия / М. З. Федорова [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2009. – Т. 148, № 11. – С. 576-579.
2. Костный цемент и локальная антибиотикотерапия в гнойной остеологии / И. Ф. Ахтямов [и др.] // Вестник травматологии и ортопедии имени Н. Н. Приорова. – 2014. – № 3. – С. 81-87.
3. Морфологическое обоснование возможности замещения дефектов костной ткани материалом "Литар" // Морфологические ведомости. – 2007. – № 1–2. – С. 211-214.
4. Degradation and tissue replacement of an absorbable polyglycolide screw in the fixation of rabbit femoral osteotomies / Bostman O. [et al.] // J Bone Joint Surg, 74A: 1021-1031, 1992.
5. Late degradation tissue response to poly(L-lactide) bone plates and screws/ Bergsma E. [et al.] // Biomaterials 1995; 16 : 25-31.

Рецензенты:

Проничев В.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой факультетской хирургии ГБОУ ВПО ИГМА Минздрава, г. Ижевск;

Горбунов Ю.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой факультетской терапии с курсом гематологии и эндокринологии, ГБОУ ВПО ИГМА Минздрава, г. Ижевск.