

Экспериментальное исследование динамики прочностных свойств углеродных имплантатов, применяемых для хирургической реконструкции клювовидно-ключичной связки

К.А. Деданов, Е.Л. Куренков, И.А. Атманский, Д.Е. Гринчий, А.И. Поддубнова

Experimental study of the dynamics of strength properties of the carbon implants used for surgical reconstruction of the coracoclavicular ligament

K.A. Dedanov, E.L. Kurenkov, I.A. Atmansky, D.E. Grinchy, A.I. Poddubnova

Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования
«Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития, г. Челябинск
(ректор – д.м.н., профессор И.И. Долгушин)

Травматические повреждения связок акромиально-ключичного сочленения до сих пор остаются актуальной проблемой травматологии. Наиболее часто страдают лица трудоспособного возраста, среди них – значительное количество действующих спортсменов. Проблема лечения стоит достаточно остро из-за большого числа неудовлетворительных исходов. Технологии замещения клювовидно-ключичной связки различными синтетическими имплантатами находят всё большее применение в практике. Авторами получены данные, свидетельствующие о возможности использования синтетических углеродных имплантатов для хирургической реконструкции клювовидно-ключичной связки на основании экспериментального изучения динамики прочностных свойств этого вида имплантатов.

Ключевые слова: клювовидно-ключичная связка, углеродные имплантаты, прочность на разрыв.

Traumatic injuries of acromioclavicular articulation are still a problem of current interest in traumatology. They are the most common in subjects of working age, and in a substantial number of active sportsmen among them. The problem of treatment is quite urgent due to a great number of poor outcomes. The technologies of the coracoclavicular ligament replacement by different synthetic implants are increasingly used in practice. The authors have obtained the evidences of the possible use of synthetic carbon implants for surgical reconstruction of the coracoclavicular ligament on the basis of experimental studying the dynamics of strength properties of the implants of this type.

Keywords: coracoclavicular ligament, carbon implants, breaking strength.

ВВЕДЕНИЕ

Травматические повреждения связочного аппарата акромиально-ключичного сочленения с вывихами акромиального конца ключицы представляют собой актуальную проблему современной травматологии, составляя от 7,0 до 26,1 % среди всех вывихов костей скелета и более 10 % случаев острой травмы плечевого пояса, занимая по частоте третье место после вывихов в плечевом и локтевом суставах [2]. Технологии оперативного лечения данного повреждения разнообразны и постоянно совершенствуются. К настоящему времени предложено более 270 методов консервативного лечения данных повреждений и более 100 оперативных методик. Такое многообразие свидетельствует о том, что до настоящего времени не выработано методики лечения вывихов акромиального конца ключицы, которая учитывала бы все особенности биомеханики ключично-лопаточного сочленения, а также выдвигает требование к поиску новых, более эффективных методик. Одним из на-

правлений в лечении данных повреждений является использование различных синтетических имплантатов для реконструкции клювовидно-ключичной связки. Известно, что разрывная нагрузка клювовидно-ключичной связки составляет $59,8 \pm 1,00$ кгс при вариативности ее 2,84 % [2]. При возможном достижении указанных показателей выбор синтетического имплантата представляется рациональным с учетом его биологической инертности, а также сохранением после имплантации прочности, достаточной для достижения адекватной стабильности сочленения и хорошего клинического результата лечения.

Цель работы – обосновать целесообразность использования синтетических углеродных имплантатов для хирургической реконструкции клювовидно-ключичной связки на основании экспериментального изучения динамики прочностных свойств углеродных имплантатов *in vivo*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В эксперименте исследована устойчивость к разрывным нагрузкам синтетических углеродных имплантатов «IMUSS» производства ООО НПЦ УВИКОМ (регистрационное удостоверение Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации № 29/12010299/0629-00).

С целью выбора имплантата с оптимальными для реконструкции клювовидно-ключичной связки прочностными свойствами изучена прочность на разрыв и относительное удлинение (коэффициент растяжения) углеродных имплантатов различной структуры (шнур и лента) и ширины (лента 10 и 15 мм). Иссле-

довались сухие образцы имплантатов и выдержанные в физиологическом растворе в течение 1 суток.

Исследование динамики прочностных свойств *in vivo* выполнено на лабораторных животных (кроликах), в эксперименте участвовали 9 кроликов – самцов в возрасте 1,5 года массой тела 3,0-3,5 кг.

Под общей анестезией, с соблюдением правил асептики и антисептики, хирургическим способом углеродный имплантат помещался в мягкие ткани

вертельной области бедра лабораторных животных. Прочность его на разрыв и относительное удлинение изучены после выведения животных из эксперимента на сроках 1 сутки, 3 суток, 1 неделя, 2 недели, 3 недели, 1 месяц, 2 месяца, 4 месяца и 6 месяцев с момента имплантации.

Исследование проведено на испытательной разрывной машине ZMGJ250, свидетельство о поверке № 1817 от 08.12.2011 г. до 08.12.2012 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Ниже приведены результаты испытаний на разрывной машине различных образцов углеродных имплантатов для определения имплантата оптимального размера, пригодного для замещения клювовидно-ключичной связки (табл. 1).

Как видно из таблицы 1, наиболее близкой к нативной связке по прочностным характеристикам оказалась лента шириной 10 мм, но она обладает минимальным запасом прочности по отношению к нативной связке и имеет коэффициент растяжения, значительно превышающий таковой у ленты шириной 15 мм, что в последующем может привести к потере коррекции за счет растяжения имплантата. В связи с этим оптимальным для реконструкции клювовидно-ключичной связки следует признать

углеродную ленту шириной 15 мм.

Ниже приведены результаты изучения прочностных свойств углеродной ленты при имплантации её в ткани животного в динамике (табл. 2).

Как следует из таблицы 2, результаты проведенных испытаний показывают, что с течением времени помещённые в ткани животных углеродные имплантаты сохраняют свою прочность и жесткость. Увеличение величины разрывной нагрузки углеродной ленты с 0,731 кН (74,54 кгс) до 0,830 кН (84,64 кгс) связано, вероятно, с биологической интеграцией имплантата, прорастанием его соединительной тканью и продольным ориентированием коллагеновых волокон в толще имплантата [1].

Таблица 1

Сравнительная характеристика прочности углеродных имплантатов различного размера и структуры и нативной клювовидно-ключичной связки

Ширина ленты, мм	Номер образца	Относительное удлинение, %		Усилие разрыва, кН (кгс)	
		образца	среднее значение	образца	среднее значение
Углеродная лента в сухом состоянии					
10	1	10	10,3	0,555 (56,61)	0,638 (65,08)
	2	11		0,650 (66,30)	
	3	10		0,710 (72,42)	
15	4	8	7,0	0,745 (75,99)	0,727 (74,15)
	5	8		0,770 (78,54)	
	6	5		0,666 (67,93)	
5 (шнур)	7	10	10,0	0,940 (95,88)	0,933 (95,17)
	8	10		0,900 (91,80)	
	9	10		0,960 (97,92)	
Углеродная лента в мокром состоянии (выдержана 1 сутки в физиологическом растворе)					
10	1	8	6,0	0,670 (68,34)	0,642 (65,48)
	2	5		0,584 (59,57)	
	3	5		0,672 (68,54)	
15	4	3	4,0	0,700 (71,40)	0,731 (74,56)
	5	5		0,820 (83,64)	
	6	4		0,672 (68,54)	
5 (шнур)	7	10	9,0	0,960 (97,92)	0,947 (96,59)
	8	9		0,966 (98,53)	
	9	8		0,916 (93,43)	
Нативная клювовидно-ключичная связка					
				0,586±0,009 (59,8±1,00)	

Таблица 2

Динамика прочностных свойств углеродной ленты шириной 15 мм

Срок имплантации	Номер образца	Относительное удлинение, %		Усилие разрыва, кН (кгс)	
		образца	среднее значение	образца	среднее значение
1 сутки	1	6	6,3	0,694 (70,77)	0,731 (74.54)
	2	7		0,815 (83,11)	
	3	6		0,684 (69,75)	
3 суток	4	8	7,7	0,807 (82,29)	0,733 (74.75)
	5	8		0,714 (72,81)	
	6	7		0,678 (69,14)	
1 неделя	7	8	8,4	0,732 (74,66)	0,736 (75,07)
	8	10		0,746 (76,09)	
	9	7,1		0,730 (74,46)	
2 недели	10	6,2	6,9	0,778 (79,36)	0,780 (79,56)
	11	7,5		0,786 (80,17)	
	12	7,1		0,776 (79,17)	
3 недели	13	6,0	6,7	0,792 (80,76)	0,793 (80.86)
	14	7,1		0,784 (79,95)	
	15	7,2		0,803 (81,88)	
1 месяц	16	4,7	5,7	0,840 (85,68)	0,821 (83.72)
	17	6,6		0,804 (82,01)	
	18	5,8		0,818 (83,4)	
2 месяца	19	6,3	5,6	0,848 (86,47)	0,824 (84.02)
	20	4,8		0,816 (83,21)	
	21	5,9		0,807 (82,29)	
4 месяца	22	6,5	5,7	0,836 (85,25)	0,826 (84.23)
	23	5,3		0,823 (83,92)	
	24	5,4		0,818 (83,41)	
6 месяцев	25	6,7	5,8	0,830 (84,64)	0,830 (84.64)
	26	5,5		0,844 (86,06)	
	27	5,3		0,816 (83,21)	

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным по прочностным свойствам имплантатом для замещения клювовидно-ключичной связки является углеродная лента шириной 15 мм. Имея достаточный по сравнению с нативной связкой запас прочности, она обладает минимальным коэффициентом растяжения.

2. После имплантации в ткани животных прочность углеродной ленты на разрыв увеличивается в сроки от 1 суток до 6 месяцев, что может быть связано с тканевой реакцией на имплантат и укреплением его структуры за счет коллагеновых волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головин Р. В. Клинико-экспериментальное изучение эффективности применения рентгеноконтрастного углеродного материала при реконструктивно-восстановительных операциях в челюстно-лицевой области : автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2005. 102 с.
2. Николенько В. Н., Блувштейн Г. А., Булычев Г. И. Сравнительная оценка прочности связок акромиального конца ключицы и способов его экспериментального соединения с лопаткой. Саратов, 2002. URL: <http://www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-8-html/nikolenko.html>
3. Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У. Справочник биохимика : пер. с англ. канд. хим. наук В. Л. Друцы и канд. хим. наук О. Н. Королевой. М. : Мир, 1991. 544 с.

Рукопись поступила 07.03.12.

Сведения об авторах:

1. Деданов Константин Анатольевич – Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, аспирант кафедры травматологии и ортопедии.
2. Агманский Игорь Александрович – Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, д.м.н.
3. Куренков Евгений Леонидович – Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, заведующий кафедрой нормальной анатомии, д.м.н., профессор.
4. Гринчий Даниил Евгеньевич – Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, старший лаборант кафедры топографической анатомии и оперативной хирургии.
5. Поддубнова Арина Игоревна – Государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Челябинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, аспирант кафедры травматологии и ортопедии.