

УДК 616.001.4–002.155.191

М.К. Васильцов, В.Ю. Лебединский, В.Г. Изатулин, И.А. Буланкина, Н.И. Арсентьева

**ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ
МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРЕСТРОЕК СТРУКТУР КОЖИ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ
ЗАЖИВЛЕНИЯ ОПЕРАЦИОННОЙ РАНЫ**

НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)

Минимизация развития и достижение большей равномерности толщины послеоперационного рубца кожи в области оперативного вмешательства, а следовательно, и большая его однородность до-

стигаются созданием в области раны более оптимальных и менее значимых напряженно-деформированных состояний структур кожи, что основывается на предварительном определении с использованием математического моделирования параметров наложения швов и приводит к формированию тонкого, косметически и функционально более полноценного послеоперационного рубца.

Ключевые слова: кожа, рана, воспаление, оптимизация заживления

THE GENERAL PATTERNS AND PECULIARITIES OF MORPHOLOGICAL SKIN STRUCTURES EVOLUTION WHILE OPERATING WOUND HEALING OPTIMIZATION

M.K. Vasil'tsov, V.Ju. Lebedinskij, V.G. Izatulin, I.A. Bulankina, N.I. Arsentieva

SC RRS ESSC SB RAMS, Irkutsk

The minimization of development and attainment more evenness of the thickness of postoperative skin scar in operating area and its homogeneity are achieved by creation in wound area more optimum and less significant skin structure mode of deformation, which is based on preliminary determination of stitching parameters using mathematical modeling what leads to narrow cosmetic and functional more valuable postoperative scar forming.

Key words: skin, wound, inflammation, healing optimization

Как и всякий патологический процесс, воспаление по своей сущности — процесс противоречивый. В нем сочетаются мобилизация защитных сил организма, явления повреждения и восстановления структур органов и тканей. В то же время в процессе развития воспалительной реакции любой природы изменяется не только морфологическая картина, но и их биомеханические свойства. Для их оценки используется метод измерения тканевого давления, величина которого является адекватным показателем морфофункционального состояния структур органов у человека и животных [5]. Однако работ по комплексному изучению морфологической картины и биомеханических свойств структур кожи, как в норме, так и при патологии крайне мало. Это не позволяет разработать эффективные способы экспресс-оценки и диагностики ее морфофункционального состояния с целью своевременной коррекции лечебного процесса, и, особенно, для совершенствования хирургической техники, обеспечивая достижение косметического эффекта.

В то же время среди хирургов, нет единой, унифицированной точки зрения на оптимальные геометрические параметры наложения узловых кожных швов при закрытии раны, что приводит [1, 2, 6] к формированию и возникновению грубого, неравномерного, а главное — дисфункционального и неэстетичного послеоперационного рубца. Последнее объясняется тем, что в зоне оперативного вмешательства возникают и появляются неравномерные по интенсивности напряжения тканевых структур кожи [1, 3, 6].

В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы явилось сопоставительное изучение морфологических и биомеханических свойств кожи в динамике раневого процесса, разработка и внедрение новых способов наложения узловых кожных швов, использование которых позволит достичь более выраженного косметического эффекта.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экспериментальная часть работы выполнялась на 64 беспородных белых крысах самцах, массой 130 — 170 граммов. Проведено 2 серии экспери-

ментов: а) исследовалась (40 крыс) динамика изменения структур кожи при ушивании раны по традиционной технике наложения узловых швов, со следующими средними параметрами — расстояние от края раны до точки вкола иглы составляло $3,5 \pm 0,13$ (3 — 4 мм), а между швами — $4,7 \pm 0,12$ (4 — 6 мм); б) проведено (15 крыс — 5 сроков наблюдений) сравнительное изучение динамики раневого процесса при традиционной и модифицированной (разработана на основе предварительного математического моделирования напряженно-деформированных состояний (НДС) структур кожи, параметры: расстояние от края раны до точки вкола иглы составляло 1 мм, а между швами — 2 мм) техниках наложения кожных швов. Девять животных служили контролем. Животных выводили из эксперимента путем декапитации через 2, 6 часов, 1, 2, 3, 5, 7 и 15 суток после операции. Условия содержания и обращения с экспериментальными животными соответствовали «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных», утвержденных приказом МЗ СССР № 1045 — 73 от 1973 г.).

Использовался комплекс методов исследования: гистологические (окраска гематоксилин-эозином, пикрофуксином по методу Ван-Гизона, на коллаген по М.К. Васильцову, 1974); морфометрия; измерение внутрикожного давления (ВКД); математическое моделирование НДС структур кожи. Материал обработан методом вариационной статистики с применением программ Microsoft Excel 2000, использовался корреляционный анализ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты позволяют сформировать представление о том, что развитие раневого процесса при заживлении раны кожи имеет общие закономерности, локальные особенности течения, определяемые характером и объемом повреждения.

Так, изучение морфологических изменений кожи в 1-й серии эксперимента выявило, что наи-

Таблица 1

Изменение относительного объема структур кожи в динамике раневого процесса (период альтерации, %)

Контроль		2 часа		6 часов		1 сутки		2 сутки		3 сутки	
Основное вещество	28,92 ± 0,95	40,3 ± 0,33	***	36,97 ± 0,44	***	28,3 ± 0,58	###	26,9 ± 0,56		28,9 ± 0,53	#
Клетки	20,0 ± 0,56	19,93 ± 0,19		22,05 ± 0,31	**	32,8 ± 0,28	***	42,3 ± 0,28	***	35,3 ± 0,39	***
Волокна	35,58 ± 0,83	30,83 ± 0,22	***	32,64 ± 0,25	**	30,85 ± 0,36	***	21,9 ± 0,33	***	26,4 ± 0,4	***
Сосуды	5,0 ± 0,56	3,5 ± 0,31	*	3,22 ± 0,28	*	3,05 ± 0,28	*	3,3 ± 0,28	*	3,6 ± 0,36	
Производные кожи	10,5 ± 0,64	5,44 ± 0,39	***	5,12 ± 0,42	***	5,0 ± 0,36	***	5,6 ± 0,42	***	5,8 ± 0,44	***

Примечание: * – к контролю, # – к предыдущему сроку; *, # – $P < 0,05$; **, ## – $P < 0,01$; ***, ### – $P < 0,001$.

Таблица 2

Изменение относительного объема структур кожи в динамике раневого процесса (период пролиферации, %)

Контроль		3 сутки		5 сутки		7 сутки		15 сутки	
Основное вещество	28,92 ± 0,95	28,9 ± 0,53	#	27,8 ± 0,56		25,0 ± 0,6	**	23,3 ± 0,47	***
Клетки	20,0 ± 0,56	35,3 ± 0,39	***	31,7 ± 0,36	***	30,8 ± 0,47	***	25,3 ± 0,25	***
Волокна	35,58 ± 0,83	26,4 ± 0,4	***	30,6 ± 0,33	***	34,5 ± 0,36	###	39,7 ± 0,36	***
Сосуды	5,0 ± 0,56	3,6 ± 0,36		4,1 ± 0,36		3,9 ± 0,28		4,2 ± 0,31	
Производные кожи	10,5 ± 0,64	5,8 ± 0,44	***	5,8 ± 0,44	***	5,8 ± 0,42	***	7,5 ± 0,44	**

Примечание: * – к контролю, # – к предыдущему сроку; *, # – $P < 0,05$; **, ## – $P < 0,01$; ***, ### – $P < 0,001$.

большее увеличение относительного объема основного вещества отмечается в первые часы и проявляется в виде посттравматического отека (табл. 1). Кроме того, пик увеличения относительного объема клеток в очаге наступает уже к концу 2-х суток эксперимента. Завершение периода пролиферации характеризуется преобразованием волокнистых структур и возникновением грубого, послеоперационного рубца (табл. 2).

Наряду с общими закономерностями, выявляются и локальные особенности изменений структур кожи по зонам раневого процесса, которые характеризуются появлением участков раны (под нитями швов и между соседними швами), где процесс формирования рубца завершается неодинаково. Так, волокнообразование между швами идет более интенсивно, чем под нитями швов и приводит к формированию большего по площади поперечного сечения (почти в 1,5 раза) послеоперационного рубца (табл. 3). В области прохождения нити

возникают «шовные знаки». Это возникает вследствие того, что в зоне оперативного вмешательства по данным математического моделирования НДС структур кожи, возникают неоднородные биомеханические процессы, характеризующиеся различной интенсивностью, возникающих там НДС структур кожи — в области прохождения нитей возникают концентраторы напряжений, а между соседними швами — участки их разряжения.

Выяснение взаимосвязи перераспределения НДС структур кожи с результатами морфологического исследования показало, что изменение биомеханических свойств органа вызывает и перестройку ее структуры. Так, изучение величины ВКД выявило, что в начальный период воспалительной реакции отмечается значительное увеличение этого показателя, обусловленное ($r = 0,67 \pm 0,24$) ростом относительного объема основного вещества. В тоже время, к началу периода пролиферации напряженность тканевых структур снижается, но она не дос-

Таблица 3

Площадь сечения послеоперационного рубца кожи в эксперименте

Технология наложения швов (мм ²)	Рубец	
	под швами	между швами
Традиционная	0,75 ± 0,025	0,92 ± 0,008
Модифицированная	0,49 ± 0,03	

Таблица 4

Результаты расчета НДС образца кожи при ушивании раны узловыми швами (модифицированная технология)

L _x	L _z	σ _{min}	σ _{max}	σ _{win}	V _m	V _p	V _{st}	F _{is}
Контроль								
Без разреза		0,015	0,356	0,073	0,0	0,0	0,0	0,0
С разрезом		0,014	0,370	0,069	0,0	0,0	20,693	0,0
2,00	1,00	0,016	0,435	0,082	0,0	0,00	0,0	0,141
2,00	2,00	0,018	0,558	0,089	0,0	0,00	0,0	0,158

Примечание: параметры напряжений по Мизесу: $s_{\min}$ – минимальные значения интенсивности напряжений; $s_{\max}$ – максимальные значения интенсивности напряжений; s_{wm} – средневзвешенное значение интенсивности напряжений; $s_{\min}$ – объем образца, интенсивность напряжения, в котором была ниже минимальных значений для нормы; V_m – площадь недогруженности ткани; $s_{\max}$ – объем образца, интенсивность напряжения в котором была выше максимальных значений для нормы; V_p – площадь перегруженности ткани; V_{st} – объем несостоятельности шва; максимальная величина прорезывающей силы нитей шва в образце, приведенная к длине окружности нитей кожного шва; F_{is} – прорезывающая сила; L_x – расстояние между швами; L_z – расстояние от точки вкола до края раны.

Таблица 5

Изменения относительного объема структур кожи в динамике раневого процесса (модифицированная технология, %)

Контроль		2 часа		1 сутки		3 сутки		7 сутки		20 сутки	
Основное вещество	28,92 ± 0,95	36,5 ± 0,36	**	33,6 ± 0,53	**	31,88 ± 0,42	*	28,02 ± 0,5		30,16 ± 0,58	
					##		#		##		#
Клетки	20,0 ± 0,56	20,4 ± 0,25		24,1 ± 0,25	**	33,64 ± 0,33	***	30,94 ± 0,28	***	21,02 ± 0,28	
					###		###		##		###
Волокна	35,58 ± 0,83	35,41 ± 0,19		34,97 ± 0,25		29,05 ± 0,28	**	32,7 ± 0,31	**	36,52 ± 0,22	
							###		###		###
Сосуды	5,0 ± 0,56	3,14 ± 0,27	*	2,89 ± 0,25	*	2,33 ± 0,25	**	3,42 ± 0,28	*	4,83 ± 0,31	
									#		#
Производные кожи	10,5 ± 0,64	4,55 ± 0,36	***	4,44 ± 0,33	***	3,1 ± 0,33	***	4,92 ± 0,36	**	7,47 ± 0,4	**
							#		#		##

Примечание: * – к контролю, # – к предыдущему сроку; *, # – $P < 0,05$; **, ## – $P < 0,01$; ***, ### – $P < 0,01$.

тигает контрольных значений, вследствие увеличения в очаге воспаления относительного объема соединительнотканых клеток. В период пролиферации отмечается вторичное увеличение значений ВКД ($r = 0,74 \pm 0,26$), обусловленное, в основном, увеличением в зоне раневого процесса относительного объема соединительнотканых волокон.

В последующем, нами было проведено предварительное математическое моделирование НДС структур кожи при наложении кожных швов, где расчетным путем были получены оптимальные параметры геометрии их наложения (табл. 4), которые использовались во второй серии эксперимента.

Морфологическое изучение материала в этой серии показало, что общая динамика изменений структур кожи аналогична их изменениям при традиционном способе ушивания раны кожи. Однако, они имели менее интенсивный характер и были более сжаты по времени реактивных и пролиферативных проявлений (табл. 5).

Увеличение относительного объема основного вещества в области раны при использовании разработанной техники наложения кожных узловых швов также, как и при традиционной, наступает через 2 часа от начала эксперимента, но посттравматический отек менее выражен. Макси-

мальные значения относительного объема соединительнотканых клеток в области раневого процесса отмечаются несколько позже — только к концу 3-х суток, а интенсивность клеточной реакции при этом была существенно ниже, чем в 1-й серии. Изменения относительного объема соединительнотканых волокон в области формирования послеоперационного рубца также более сглажены и к концу периода пролиферации менее выражены, чем при традиционном способе.

Кроме того, морфометрическое изучение структуры и площади поперечного сечения послеоперационных рубцов показало, что при использовании модифицированной техники, возникающий рубец был меньше в 1,5–2 раза по площади поперечного сечения, не имел существенных различий по протяженности и образован более тонкими волокнами соединительной ткани (табл. 3). Частично сохранялись в рубце и производные кожи.

Возникающие при этом НДС структур кожи и величины ВКД на всем протяжении раны были более равномерны, имели несколько меньшие значения, а по своим характеристикам приближались к цифрам в контроле.

Таким образом, разработанная на основе предварительного биофизического анализа и математического моделирования НДС структур кожи в области раневого процесса методика наложения кожных швов позволяет добиться возникновения в ней более равномерных и менее интенсивных напряжений. Последнее согласуется с мнением ряда авторов [1, 5, 6,] и приводит к

меньшей травматизации структур кожи, с менее выраженным воспалительным процессом, завершающимся формированием более тонкого, равномерного, и косметически полноценного послеоперационного рубца.

По результатам работы был разработан способ наложения узлового шва и получена приоритетная справка на предполагаемое изобретение [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.Е. Микрохирургическая техника и ее место в арсенале хирурга / А.Е. Белоусов // Вестн. аритмологии. — 1995. — № 4. — С. 31.
2. Буянов В.М. Хирургический шов / В.М. Буянов, В.Н. Егиев, О.А. Удотов. — М., 1993. — 100 с.
3. Дудкин В.В. Биомеханическая модель механических швов раны стенки полых органов / В.В. Дудкин, В.Ю. Лебединский // Биомеханика на защите жизни и здоровья человека: Тез. докл. — Н. Новгород, 1992. — Т. 1. — С. 78.
4. Способ наложения узлового кожного шва. Приоритетная справка № 98113492/14 (015142) от 14.07.98 г.
5. Тканевое давление в хирургии / А.К. Макаров, П.А. Самотесов, В.Ю. Лебединский, Ю.П. Белохвостиков // Актуальные вопросы реконструктивной и восстановительной хирургии: Тез. итоговых работ. — Иркутск, 1989. — Ч. 1. — С. 232–233.
6. Чудаков О.П. К вопросу о биомеханике при наложении шва на кожу лица / О.П. Чудаков, И.В. Мельничук // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — Иркутск, 1993. — Вып. 3–4. — С. 122–125.