

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ И БИОЛОГИИ

УДК 616-001.4-002-08

**В.Ю. Лебединский, И.А. Буланкина, Н.И. Арсентьева, В.Ф. Дыдыкин, А.В. Дыдыкин,
Н.В. Ржевская**

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ КОЖНЫХ РАН ПРИ АСЕПТИЧЕСКОМ ВОСПАЛИТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

НЦ РВХ ВСНЦ СО РАМН (Иркутск)

Результаты проведенного комплексного исследования показали, что целенаправленное моделирование напряжений в зоне раневого процесса, не только является одним из факторов обеспечивающих развитие минимального рубца, но и может быть использовано для управления ходом развития воспалительного процесса.

Ключевые слова: кожа, рана, воспаление, оптимизация заживления

OPTIMIZATION OF SKIN WOUNDS HEALING AT ASEPTIC INFLAMMATORY PROCESS

V.Yu. Lebedinskiy, I.A. Bulankina, N.I. Arsenyeva, V.F. Didikin, A.V. Didikin, N.V. Rzhetskaya

SCRRS ESSC SB RAMS, Irkutsk

The results of conducted complex research showed that purposive modeling of stresses in the area of wound process is not only one of the factors providing the development of minimum cicatrice, but also can be used for management of inflammatory process course.

Key words: skin, wound, inflammation, optimization of healing

В большинстве случаев лишь оперативное вмешательство может привести к радикальному решению вопроса о ликвидации патологического процесса. Однако оно всегда связано с нарушением целостности анатомических структур и завершается формированием послеоперационных рубцов.

В то же время, используемые параметры наложения кожных швов (традиционная техника) приводят к возникновению грубого неравномерного послеоперационного рубца, что объясняется, по мнению ряда исследователей [1, 4, 8, 9], возникновением неравномерных напряжений тканей в зоне оперативного вмешательства. Последнее приводит не только к нарушению функции органа, но и не соответствуют эстетическим запросам пациента, и требует в дальнейшем косметической коррекции.

В настоящее время оптимизация технологии наложения кожных швов развивается по двум основным направлениям: **1)** применение микрохирургической техники; **2)** совершенствование традиционных технологий.

Однако более перспективным является путь совершенствования традиционной технологии наложения швов, которая будет доступна широкому кругу специалистов хирургического про-

филя различной квалификации. Его реализация основывается на понимании того, что наложение хирургических швов при закрытии операционной раны, является биомеханической задачей, решение которой возможно только на стыке таких двух научных направлений, как медицина и биомеханика.

Ключевым моментом, связывающим эти отрасли знаний, является биофизический анализ и математическое моделирование напряженно-деформированных состояния (НДС) биологических структур в зоне наложения швов, что позволит не только сократить объем и время экспериментального исследования, разработать и ускорить внедрение новых хирургических технологий в практическую медицину, но и удешевить, в последующем, стоимость лечебных мероприятий, повысив их качество и эффективность.

Как показали результаты многих исследователей [6, 2, 4, 5, 8] выявлена закономерность характеризующаяся взаимодействием между напряжениями тканей при наложении кожных швов и степенью развития рубцовой ткани. В связи с этим, для выяснения того, является ли она всеобщей закономерностью, нами проведено аналогичное исследование процессов заживления ран кожи различной локализации.

Экспериментальная часть работы выполнялась на 64 беспородных белых крысах самцах, массой 130 – 170 г. Проведено две серии экспериментов: **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 (разработанной на основе предварительного математического моделирования) техниках наложения кожных швов. Девять животных служили контролем. Животных выводили из эксперимента путем декапитации через 2, 6 часов, 1, 2, 3, 5, 7, 15 суток после операции. Использовался комплекс морфо-функциональных методов исследования: физиологический (измерение внутрикожного давления – ВКД), морфологический, математическое моделирование напряженно-деформированных состояний (НДС) структур кожи и статистический анализ.

В клинике изучение проводилось при: **1)** ушивании кожных ран в области лица и шеи с использованием узлового кожного шва (43 случая, табл. 1); **2)** ушивании разрезов кожи наложением швов по методу Донати при гинекологических оперативных вмешательствах (25 случаев). В 1 и во 2 группах наблюдений у половины больных использовалась традиционная техника наложения швов, у оставшихся – разработанная нами модифицированная техника ушивания разреза кожи.

Так, при ушивании кожных ран в области лица и шеи, по традиционной технике наложения швов, использовались параметры: расстояние от точки вкола иглы до края раны $8,3 \pm 1,5$ мм; расстояние между швами $11,2 \pm 2,6$ мм.

По мнению ряда авторов [1, 6, 7, 3, 9] известно, что для минимизации развития и достижения большей равномерности толщины послеоперационного рубца кожи, а, следовательно, и большей его однородности, необходимо создавать в области раны более равномерные напряжения. Это свидетельствует, о том, что в зоне оперативного вмешательства возникают неоднородные биомеханические процессы, характеризующиеся различной интенсивностью, возникающих там НДС структур кожи. Так, в области прохождения нитей швов возникают концентраторы напряжений, а между соседними швами – участки их разряжения.

Последнее подтверждается и тем, что при проведении анализа полученных, с использованием математического моделирования НДС структур кожи расчетов, выявлены следующие закономерности их распределения в области раны: **1)** значение объема несостоятельности шва (V_{st}) имеет тенденцию увеличения от серии к серии. При этом внутри каждой серии значение V_{st} тем больше, чем больше расстояние меж-

ду швами (L_x) и расстояние от вкола иглы до края (L_z) раны. Например, самые высокие показатели V_{st} отмечаются в сериях 4 и 5. Особенно они высоки в графах, где параметры L_x и L_z соответствуют 8 /2 мм, 10/2 мм; **2)** значение величины прорезающей силы (F_{is}) также имеет тенденцию увеличения от серии к серии, но в большей степени она зависит от величины расстояния вкола иглы до края раны (L_z). Чем больше значение L_z , тем больше F_{is} , это осуществляется через влияние величины значения L_z на характеристики объема перегруженности тканей. Следовательно, полученные при математическом моделировании НДС структур кожи данные выявили, что в месте вкола иглы и прохождения нити возникают концентраторы напряжений, а между швами – участки их разрежения.

Полученные нами результаты по экспериментально-морфологическому исследованию подтвердили это положение и показали, что при традиционной технике наложения кожных швов, в области раневого процесса, выявляются различные (под нитями швов, между соседними швами) участки, где процесс формирования рубца проходит и завершается не одинаково. Так, процессы пролиферации между швами идут более интенсивно, чем под нитями швов и приводят к формированию большего, почти в 1,5 раза, по площади поперечного сечения, послеоперационного рубца (табл. 2, рис. 1).

С использованием предварительного математического моделирования НДС структур кожи нами произведен расчет и подбор наиболее оптимальных параметров (по сравнению с традиционной техникой) наложения узловых кожных швов (табл. 3). Так, расстояние от точки вкола иглы до края раны составило 1 мм, а между соседними швами – 2 мм. При этом возникающие НДС структур кожи в области наложения швов были еще более равномерны и по своим харак-

Таблица 1
Распределение материала
(ушивание ран в области лица и шеи)

Группы	Количество больных		Ориентация раны (к линиям расслабления)
	Всего		
1. традиционный узловой шов	23	14	Вдоль
		9	Поперек
2. модифицированный узловой шов	20	12	Вдоль
		8	Поперек

Таблица 2
Площадь сечения послеоперационного рубца
кожи в эксперименте

Технология наложения швов (мм ²)	Рубец	
	Под швами	Между швами
Традиционная	$0,75 \pm 0,025$	$0,92 \pm 0,008$
Модифицированная	$0,49 \pm 0,03$	

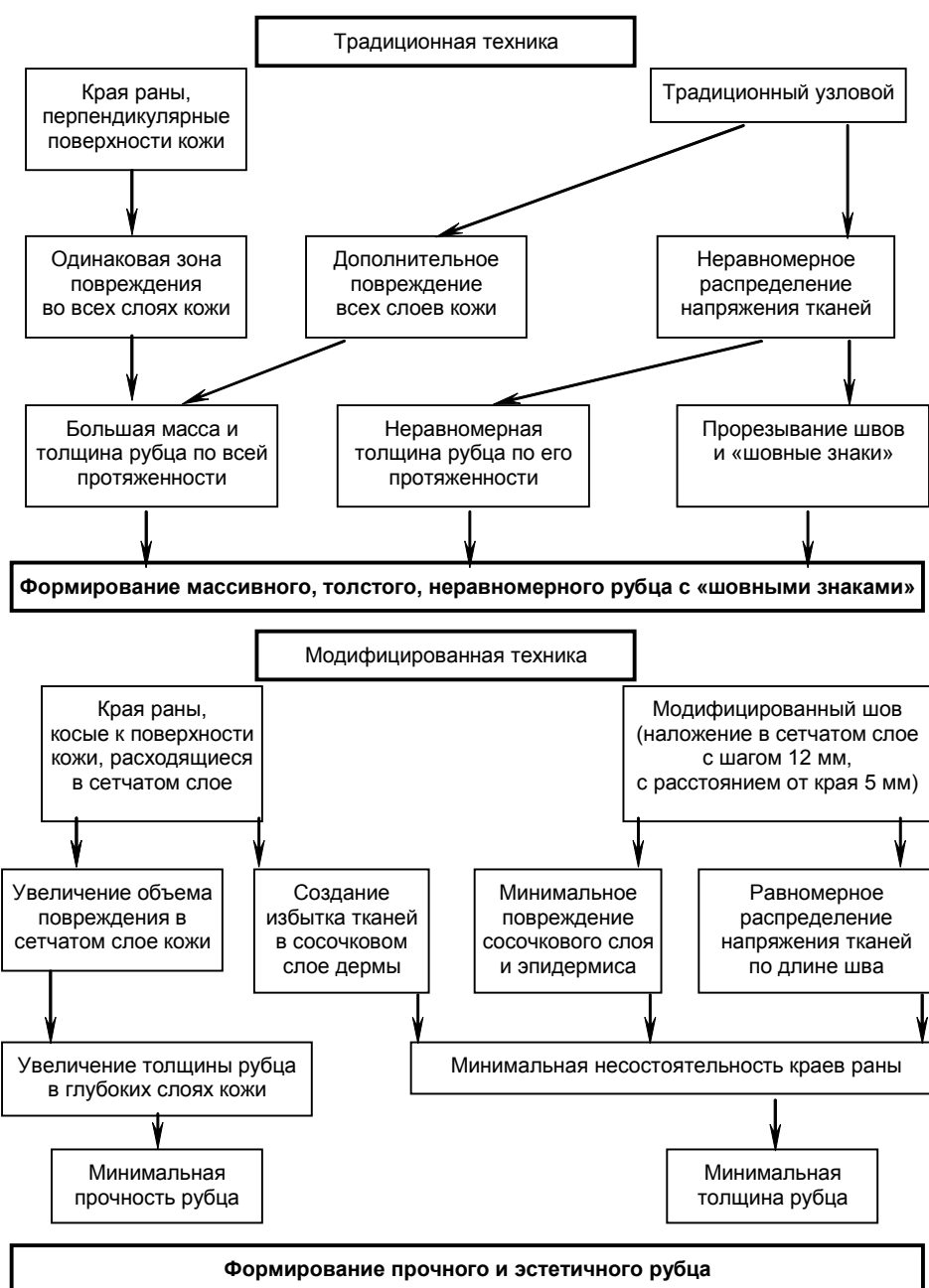


Рис. 1. Схема патогенетических механизмов формирования рубца.

Таблица 3
 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

теристикам приближались к их исходным значениям в контроле (без разреза).

Проведение сопоставительного морфофункционального изучения реакции структур кожи при модифицированной и традиционной техни-

ках ушивания операционных ран кожи показало, что изменения величин ВКД в области раневого процесса при оптимизации условий наложения кожных швов имеют аналогичную динамику, но их значения менее выражены.

Так, на протяжении всего воспалительного процесса величина ВКД была достоверно ($p < 0,001$) выше, по сравнению с предыдущими сроками (табл. 4) и составляла на два часа — $51,56 \pm 0,24$ мм водн. ст., на конец первых суток эксперимента — $44,22 \pm 0,16$ мм водн. ст., а на конец периода альтерации (3-и сутки) — $39,11 \pm 0,14$ мм водн. ст.

В то же время, сравнение его значений с показателями ВКД при традиционной технике наложения швов, выявило, что различия между ними в динамике воспалительной реакции (кроме 7 суток) статистически достоверны. Наряду с этим, отмечается, что величина ВКД в различных участках (между швами, под нитями шва) раны при использовании модифицированной технологии наложения швов между собой не различается.

В то время как при традиционной технике, она между швами меньше, а под нитями шва — больше. Это говорит о том, что в первом случае достигается моделирование более равномерных напряжений в области раневого процесса.

Вместе с тем, результаты морфологического исследования подтверждают динамику изменений величин ВКД и НДС структур кожи. Их общая динамика в процессе заживления операционной раны при использовании модифицированной техники наложения узловых швов аналогична перестройкам при традиционной технике. Однако они менее интенсивны и более сжаты по времени реактивных проявлений.

Так, увеличение относительного объема основного вещества наступает также через 2 часа от начала эксперимента, но посттравматический отек менее выражен. Максимальные значения относительного объема клеток в области раневого процесса отмечаются позже, только к концу 3 суток, а интенсивность клеточной реакции существенно ниже. Изменения относительного объема соединительно-тканых волокон также сглажены и к концу периода пролиферации они менее выражены (рис. 2).

Таким образом, разработанная на основании предварительного математического моделирования модифицированная технология наложения узловых швов позволяет добиться не только меньших по величине, но и более равномерных НДС ее структур, что и приводит к формированию тонкого, косметически и функционально более полноценного послеоперационного рубца.

Анализ клинических проявлений заживления ран ушитых традиционными узловыми швами показал, что максимальная величина несостоятельности краев раны составляла 0,8–1 мм. Динамика признаков прорезывания швов проявляется активней и ярче; показатели механической прочности сращения ран в вариантах с традиционным швом менее выражены. Так, в контрольные дни в ранах с традиционными швами прочность регенерата, по данным тензиометрии, составляла $7,5 \pm 0,018 \%$, $14,8 \pm 0,031 \%$,

Таблица 4
Изменения величин ВКД в динамике раневого процесса (модифицированная технология)

Сроки	Количество животных	ВКД	Вероятность случайного различия (p)		
			с контролем	с традиционной техникой	с предыдущим сроком
Контроль	24	$34,82 \pm 0,14$	—	—	—
1–2 часа	3	$51,56 \pm 0,24$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
1 сутки	3	$44,22 \pm 0,16$	$p < 0,001$	$p < 0,01$	$p < 0,001$
3 сутки	3	$39,11 \pm 0,14$	$p < 0,001$	$p < 0,05$	$p < 0,001$
7 сутки	3	$41,06 \pm 0,19$	$p < 0,01$	$p > 0,05$	$p < 0,001$
15–20 сутки	3	$40,89 \pm 0,22$	$p > 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,001$

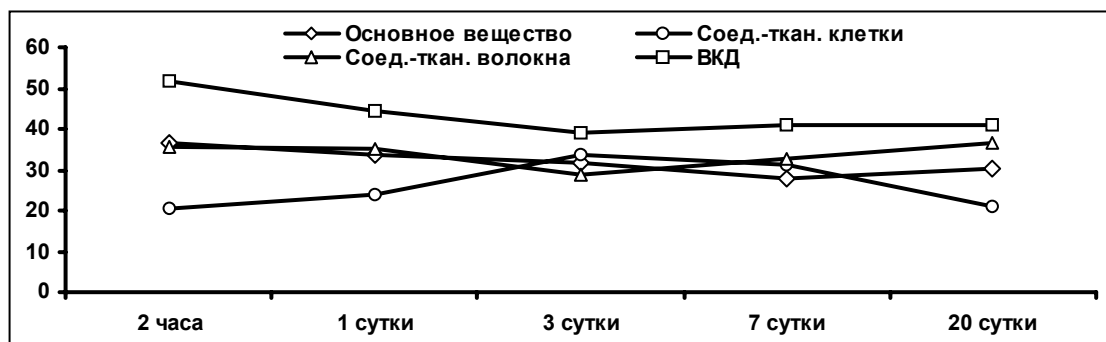


Рис. 2. Изменение морфофункциональных свойств кожи в динамике раневого процесса (модифицированная технология).

Показатели комплексной оценки заживления ран, ушитых модифицированным узловым швом

Дни	Величина расхождения краев операционной раны (1 мм)	Несостоятельность краев ушитой раны		Признаки прорезывания швов	Данные тензиометрии % соот. к пред. тек.	Придел текучести кожи в норме (г)	Вариант рубцевания
		Величина (мм)	Наличие отделяемого				
1	–	0,1 ± 0,022	Есть	–	–	2200	–
2	–	0,1 ± 0,064	Нет	–	–	–	–
3	–	0,1 ± 0,066	–	+	8 ± 0,047	2200	–
4	–	0,2 ± 0,01	–	+	–	–	–
5	–	0,2 ± 0,02	–	++	17 ± 0,052	–	–
6	–	0,3 ± 0,011	–	++	–	–	–
7	–	0,4 ± 0,004	–	++	25 ± 0,025	2200	–
8	–	0,4 ± 0,025	–	++	–	–	–
9	–	0,4 ± 0,012	–	Снятие швов	30 ± 0,054	2200	–
14	–	0,5 ± 0,053	–	–	60 ± 0,038	–	–
15	–	0,8 ± 0,022	–	–	–	–	Нормо-гипопласт.

19 ± 0,025 %, 24 ± 0,054 %, 40 ± 0,026 %. И, наконец, формирование рубца в случаях с традиционно наложенными швами протекало по нормогиперпластическому варианту.

Аналогичные результаты получены и при внедрении разработанных способов наложения кожных швов в клиническую практику (стоматология, гинекология). Анализ показателей местных клинических проявлений заживления ран ушитых модифицированными узловыми швами показал, что максимальная величина несостоятельности краев раны составляла 0,4–0,6 мм (табл. 5). Отличается и динамика признаков прорезывания швов, она менее выражена. Динамика показателей механической прочности сращения ран более высока при использовании модифицированной техники наложения швов, кроме этого, прочность регенерата в контрольные дни составляла 8 ± 0,019 %, 17 ± 0,044 %, 25 ± 0,052 %, 30 ± 0,015 %, 60 ± 0,062 %. Формирование рубца происходит по нормо-гипопластическому варианту.

Полученные нами данные указывают на то, что в различных участках раневого процесса возникают разные НДС состояния структур кожи, которые обеспечивают возникновение неравномерного дисфункционального рубца, а его формирование при традиционной технике наложения швов протекало по нормо-гиперпластическому варианту. В тоже время, при использовании модифицированной техники (отстояние точки вкола иглы от краев раны было 1 мм, между швами – 2 мм) раневой процесс идет по нормо-гипопластическому варианту.

При клиническом исследовании в гинекологии ушивание кожной раны (нижняя срединная лапаротомия) приводит к формированию неравномерного рубца, причем толщина его в зоне между швами в 1,25–1,5 раз больше, чем в области прохождения шовной нити. В области прохождения иглы через кожу остаются шовные знаки. Последнее подтверждается тем, что в об-

ласти прохождения нити возникают концентраторы напряжений, а в зоне между швами отмечается снижение НДС структур кожи, что приводит к гиперплазии рубцовой ткани и в конечном итоге – к возникновению неравномерного послеоперационного шва.

Использование модифицированной техники наложения кожных швов по методу Донати приводит к более равномерному распределению напряжений в зоне оперативного вмешательства и завершается в конечном итоге возникновением более тонкого рубца, а шовные знаки практически отсутствуют.

Следовательно, внедрение в клиническую практику (разработанной на основании предварительного математического моделирования НДС структур кожи) модифицированных способов ушивания ран, позволило достичь формирования более тонких и равномерных послеоперационных рубцов. Тем самым намечен еще один путь совершенствования техники операционного вмешательства, который будет доступен широкому кругу хирургов-операторов различной квалификации (2 патента на изобретения).

Таким образом, как показали результаты проведенного нами комплексного исследования целенаправленное моделирование напряжений в зоне раневого процесса, не только является одним из факторов обеспечивающих развитие минимального рубца, но и может быть использовано для целенаправленного управления ходом развития воспалительного процесса.

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. Гуцан А.Э. Челюстно-лицевые операции / А.Э. Гуцан. — Витебск, 1997. — 387 с.
4. 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.
5. Заживление послеоперационных ран кожи при моделировании с помощью различных величин тканевого давления в краях раны (морфогенез тканей и органов в условиях адаптации) / А.А. Левенец, З.Ф. Панова, А.А. Логичева и др. // Сб. тр. — Иркутск, 1990. — С. 78–83.
6. Морфофункциональные аспекты оптимизации заживления операционных ран кожи / И.А. Буланкина, В.Ю. Лебединский, Н.В. Ржевская др. // Морфогенез и регенерация: Сб. науч. тр. — Курск, 1999. — С. 16–17.
7. Морфологические, биомеханические аспекты оптимизации заживления ран / И.А. Буланкина, В.Ю. Лебединский, Н.В. Ржевская др. // Морфология. — 2000. — Т. 117, № 3. — С. 68.
8. Оптимизация условий заживления секционных разрезов кожи при проведении гинекологических оперативных вмешательств / В.Ю. Лебединский, В.В. Дудкин, А.А. Семендяев и др. // Морфология. — 1996. — Т. 109, № 2. — С. 66.
9. Чудаков О.П. К вопросу о биомеханике при наложении шва на кожу лица / О.П. Чудаков, И.В. Мельничук // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. — 1993. — Вып. 3–4. — С. 122–125.