

И. В. Чмырёв, А. А. Степаненко, Б. В. Рисман

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВЫХ РАН, ПРОЛЕЖНЕЙ, ЯЗВ И ОТМОРОЖЕНИЙ

ФГБОУ ВПО «Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова»

Лечебные свойства низкочастотного ультразвука связаны с его антибактериальными, противовоспалительными, спазмолитическими, противоаллергическими, болеутоляющими, гипотензивными эффектами. Указанный физический фактор механически разрушает некротизированные ткани, дезинтегрирует и инактивирует макромолекулы протеаз на поверхности язв и гнойных ран, разрушает клетки микроорганизмов, улучшает микроциркуляцию посредством микромассажа тканей в зоне воздействия [1–3]. Основную роль в обеспечении бактерицидности ультразвука играет кавитация [4–6]. При исследовании влияния низкочастотного ультразвука на золотистый стафилококк было установлено, что повреждающий эффект ультразвука связан, прежде всего, с повышением температуры среды [7]. Ультразвуковая энергия может преобразовываться в тепловую, когда ультразвуковая волна поглощается тканями больше, чем отражается ими. Это приводит к местному повышению температуры, изменению скорости протекания биохимических процессов и даже к тепловым повреждениям тканей [8, 9]. При исключении температурного фактора охлаждением, даже 10-минутное «озвучивание» бактериальной взвеси не приводило к ее стерилизации [10]. Термический эффект нежелателен, так как может вызвать грубое повреждение тканей [11, 12].

В настоящее время доступных литературных материалов, посвященных изучению влияния ультразвуковой кавитации на ожоговые раны, явно недостаточно. Мало исследованным остается влияние низкочастотного ультразвука на течение процесса заживления язв, пролежней и отморожений.

Материалы и методы исследования. Обследовано 229 больных с ожогами, пролежнями, язвами различного генеза, в том числе «диабетической стопы», и отморожениями. Комплексное местное лечение ожоговых ран, пролежней, язв и отморожений с применением ультразвуковой кавитации проведено у 126 больных в возрасте от 14 лет до 91 года (125 взрослых и 1-го ребёнка). Обработку выполняли ультразвуковым диссектором «Сопоса», немецкой фирмы Soring. Средний возраст составил $52,3 \pm 16,9$ лет. Среди них было 72 пациента мужского пола и 54 — женского. Группу сравнения составили 103 больных, лечение которых осуществлялось общеизвестными традиционными методами (табл. 1). Площадь ран составляла от 5 до 1900 см².

Основная и контрольная группы оказались сопоставимы по полу, возрасту, тяжести течения раневого процесса, что позволяет рассчитывать на достоверность данных.

Продолжительность, интенсивность и кратность воздействия ультразвуком определялись площадью раны и ее первоначальным состоянием. Ультразвуковая обработка осуществлялась ежедневно или через день во время перевязок при мощности от 20 до 100% с различной интенсивностью подачи растворов. В качестве ирригационных

Таблица 1. Общая характеристика больных

Нозологические формы	Основная группа	Контрольная группа
Ожоги	105 (83,3%)	76 (73,8%)
Язвы	11 (8,7%)	12 (11,7%)
Пролежни	7 (5,5%)	10 (9,7%)
Отморожения	3 (2,4%)	5 (4,7%)
Всего	126 (100%)	103 (100%)

жидкостей чаще всего использовались 0,5% раствор новокаина и 0,9% раствор хлорида натрия. В редких случаях применялись растворы антисептиков и комбинации с антибиотиками и ферментами. Лечение начинали на 10–22 сутки после травмы (в среднем $16 \pm 1,7$ сутки). Эти сроки определялись, прежде всего, началом отторжения некротических тканей. Ультразвуковая обработка гранулирующих ран применялась одномоментно на площади от 2 до 10% поверхности тела. Время воздействия на 100 см² раневой поверхности составило 20–30 с. После ультразвуковой кавитации накладывали полиферментные салфетки, повязки с мазями «Левомеколь» и «Левосин». В общей сложности каждому больному осуществлялось от 1 до 7 ультразвуковых обработок ожоговых ран.

Для наблюдения за течением раневого процесса выполнялись морфологические и бактериологические исследования.

Результаты и обсуждения. При цитологическом исследовании до начала лечения в ране выявлялось преобладание дегенеративно-воспалительного процесса, отражающее слабые признаки воспалительной реакции. В препаратах содержалось большое количество нейтрофилов в состоянии дегенерации и деструкции, микроорганизмы (кокки, палочки), нити фибрина. Фагоцитарная активность была слабой (единичные макрофаги), фагоцитоз — незавершенный (табл. 2).

На фоне проводимого лечения в фазе воспаления в обеих группах больных отмечали положительную динамику в цитологической картине, но в разные сроки. Это проявлялось в смене дегенеративно-воспалительного типа цитограммы на воспалительно-регенераторный. Последний характеризовался стиханием воспалительной реакции, уменьшением количества нейтрофилов до 70%, наличием большого количества макрофагов, активацией фагоцитоза, увеличением количества полибластов, лимфоцитов, появлением единичных фибробластов. Микрофлора наблюдалась в небольшом количестве. Фазы регенерации и эпителизации под воздействием низкочастотного ультразвука у больных основной группы клинически характеризовались разрастанием грануляций, постепенно заполняющими весь раневой дефект, появлением краевой и островковой эпителизации. Грануляции чаще всего имели характер мелкозернистых, розового или насыщенно-малинового цвета, с блестящей поверхностью. При незначительном повреждении грануляции обильно кровоточили. Цитологические изменения свидетельствовали о переходе воспалительно-регенераторного типа цитограммы в регенераторный тип к 12 суткам от начала лечения. В фазе регенерации при лечении ожоговой раны традиционными методами также отмечали положительную динамику в цитологической картине, проявляющейся в смене воспалительно-регенераторного

Таблица 2. Качественная характеристика цитограмм больных контрольной и основной групп

Клеточные элементы	До лечения	5 сутки		10 сутки	
		Контрольная группа	Основная группа	Контрольная группа	Основная группа
Флора					
Кокки	+++++	++++	+++	+++	++
Палочки	+++	+++	++	++	±
Лейкоциты					
Нейтрофилы	++	+	+	+	+
Фагоцитирующие	–	+	++	++	±
Эозинофилы	–	–	–	–	+
Лимфоциты	–	–	+	+	–
Гистиоциты					
Полибласты	–	±	+	+	±
Макрофаги	+	±	++	++	±
Соединительно-тканые клетки					
Профибробласты	–	±	+	+	+
Фибробласты	–	±	+	+	+
Эпителий					
Молодой	–	+	+	+	+
Слущивающийся	–	–	–	–	+
Активность фагоцитоза					
Завершенный	–	±	+	+	+
Незавершенный	+	±	+	+	–

типа цитограммы в регенераторный тип, однако это происходило лишь к 18 суткам лечения. Изменения при этом типе цитограммы характеризовались уменьшением количества нейтрофилов, увеличением молодых клеточных форм грануляционной ткани: про- и фибробластов, макрофагов, эндотелия, полибластов. Микрофлора практически отсутствовала, фагоцитоз был завершённым (табл. 3).

Сравнительные бактериологические исследования проведены у 117 больных, которые разделены на 2 группы. В контрольную группу вошло 49 больных с ожогами IIIa–IIIб степени. Основную группу составили 68 пострадавших с аналогичными ожогами, которым выполнялась ультразвуковая обработка. В процессе лечения исследовали количественный и качественный состав микрофлоры ран. Забор биоптата для бактериологического анализа осуществляли после отторжения струпа, на пятые и десятые сутки от начала ультразвуковой обработки.

Таблица 3. Количественная характеристика цитограмм больных контрольной и основной групп

Группы	Тип цитограмм	До лечения	5 сутки	10 сутки	15 сутки
Контрольная группа (n = 49)	Некротический	38 (78,3%)	31 (63,3%)	5 (10,2%)	–
	Дегенеративно-воспалительный	6 (11,3%)	7 (14,3%)	9 (18,4%)	2 (4,1%)
	Воспалительный	5 (10,4%)	8 (16,3%)	11 (22,4%)	5 (10,2%)
	Воспалительно-регенераторный	–	3 (6,1%)	8 (16,3%)	11 (22,4%)
	Регенераторный	–	–	16 (32,7%)	31 (63,3%)
Основная группа (n = 68)	Некротический	51 (75,1%)	25 (36,8%)	–	–
	Дегенеративно-воспалительный	10 (14,8%)	16 (23,5%)	2 (2,9%)	–
	Воспалительный	7 (10,1%)	14 (20,6%)	4 (5,9%)	–
	Воспалительно-регенераторный	–	13 (19,1%)	23 (33,8%)	9 (13,2%)
	Регенераторный	–	–	38 (57,4%)	59 (86,8%)

В контрольной группе при первом посеве микроорганизмы из биоптатов ран выделены у всех пациентов, при этом у 40 (81,6%) их количество составляло 10^5 и более КОЕ/г ткани. При втором посеве на 5-е сутки лечения положительный результат бактериологического анализа имелся у 33 больных, при этом этиологическая значимость выделенных микроорганизмов сохранялась у 67,3% обследованных группы сравнения. На 10-е сутки микрофлора из ран выделена у 18 больных, причем у большинства из них обсемененность ткани составила 10^5 и более КОЕ/г (20,4% пациентов контрольной группы).

Средняя степень контаминации ран у больных в основной группе при первом, втором и третьем посевах составила соответственно $5,4 \pm 0,03 \times 10^7$ КОЕ/г, $8,4 \pm 0,02 \times 10^6$ КОЕ/г, $6,2 \pm 0,05 \times 10^5$ КОЕ/г, что свидетельствовало об этиологической роли выделенных микроорганизмов в развитии и поддержании инфекционного процесса. Показатели достоверны при $p < 0,05$. Результаты первого посева из ожоговых ран больных основной группы существенно не отличались от группы сравнения. Микроорганизмы выделены из биоптатов ран у 68 больных. Из них у 56 пациентов (82,4%) бактериальная обсемененность ран составляла 10^5 и более КОЕ/г, в то время как только у 12 больных (17,6%) во время хирургической обработки или вскрытия гнойного очага микроорганизмы выделялись в меньшем количестве. При втором посеве в исследуемой группе микрофлора в ранах сохранялась у 36 больных, однако у 18 из них микроорганизмы выделены в количестве, недостаточном для поддержания инфекционного процесса ($< 10^5$ КОЕ/г). У остальных 18 (26,4%) пациентов основной группы микрофлора сохраняла свою этиологическую значимость, однако максимальная степень обсемененности при этом не превышала 10^7 КОЕ/г.

На 10-е сутки микроорганизмы выделены из ран 23 больных основной группы, при этом во всех случаях степень обсемененности не превышала 10^5 КОЕ/г, а у 19 (86,2%) больных основной группы оказалась менее 10^5 КОЕ/г, что объективно свидетельствовало о завершении инфекционного процесса.

Количество микроорганизмов в 1 г ткани у пациентов основной группы составляло $6,3 \pm 0,06 \times 10^7$ при первичном посеве, $3,7 \pm 0,02 \times 10^5$ — при повторном посеве на

фоне сочетанного применения низкочастотного ультразвука и раневых покрытий, $2,8 \pm 0,03 \times 10^3$ — при последующем посеве. Различия между обсемененностью ран у больных основной группы по срокам лечения и различия между аналогичным показателем основной группы и группы сравнения при втором и третьем посевах достоверны ($p < 0,05$). Следовательно, применение низкочастотного ультразвука позволяет в ранние сроки снизить микробную контаминацию ран.

Основными представителями микрофлоры гнойных ран явились микроорганизмы рода *Staphylococcus*, энтеробактерии и неферментирующие грамотрицательные бактерии. Стафилококки были представлены *S. epidermidis*, *S. hominis*, *S. aureus*, причем последний доминировал. Среди энтеробактерий выделены *Proteus mirabilis* и *Proteus vulgaris*. Группа неферментирующих грамотрицательных бактерий включала *Acinetobacter baumannii* и *Pseudomonas aeruginosa*. Качественный состав микрофлоры ран претерпевал значительные изменения в динамике заболевания. При бактериологическом анализе биоптатов, основными возбудителями являлись представители рода *Staphylococcus* (83% от всех выделенных культур — у больных контрольной группы и 88% — у больных основной группы). Реже при поступлении обнаруживалась грамотрицательная микрофлора: энтеробактерии и неферментирующие бактерии.

К окончанию первой недели после ожога в контрольной группе частота встречаемости стафилококков в микробном пейзаже ран на фоне традиционной терапии уменьшалась и возрастала доля грамотрицательных микроорганизмов — *A. baumannii*, *P. aeruginosa*, что свидетельствовало о вторичном инфицировании ран. В основной группе к седьмым суткам увеличения удельного веса грамотрицательных микроорганизмов в посевах не наблюдалось.

При поступлении микрофлора ран больных была представлена преимущественно монокультурами (85%). На 4–7-е сутки доля изолируемых монокультур в группе сравнения уменьшилась до 60%, на 12–14-е сутки — до 41%. Появление ассоциаций в посевах биоптатов больных группы сравнения, вероятно, связано с контаминацией ран госпитальными штаммами микроорганизмов или собственной условно-патогенной флорой в условиях снижения реактивности организма.

До начала применения ультразвуковой кавитации ожоговые раны были покрыты частично отторгающимся струпом, чаще в состоянии влажного некроза, или представляли собой раневую поверхность с налетом фибрина и обильным отделяемым. Наблюдалось перифокальное воспаление окружающих здоровых тканей. Эпителизация отсутствовала. Ультразвуковая обработка ожоговых ран обеспечивала эффективное удаление гнойного отделяемого, участков отторгающегося струпа и налета фибрина. Уже после первой ультразвуковой обработки у всех больных отмечалось уменьшение воспаления, раны выполнялись яркими мелкозернистыми грануляциями с умеренным отделяемым, серозно-гнойным в 30% и серозным в 70% случаев, активизировался процесс краевой и островковой эпителизации, за счет чего уменьшалась площадь раневой поверхности. Анализ результатов лечения больных с ожогами показал, что применение низкочастотного ультразвука оказывает положительное воздействие на течение раневого процесса.

Средняя продолжительность лечения больных основной группы с ожогами IIIa степени составила $23,2 \pm 1,6$ дня. Тогда как пострадавшие контрольной группы находились в стационаре $37,3 \pm 2,2$ суток ($p < 0,05$). На фоне применения ультразвуковой обработки гранулирующих ран у больных основной группы удалось сократить сроки

подготовки к аутодермопластике на 7–10 день, при этом на операции не требовалось дополнительной хирургической обработки гранулирующих ран, а в послеоперационном периоде лизис пересаженных аутотрансплантатов составил всего 3%. Сроки подготовки ран при ожогах IIIб степени к оперативному восстановлению, при условии невозможности проведения ранней некрэктомии, составили $23,6 \pm 1,7$ суток в основной и $33,8 \pm 2,7$ суток в контрольной группе соответственно ($p < 0,05$).

Таким образом, консервативная терапия ожоговых ран, пролежней, язв и отморожений является неотъемлемой частью комплекса лечебных мероприятий. Ее основными целями являются купирование или снижение клинических проявлений, заживление ран или санация поверхности и уменьшение площади раневого дефекта. У части больных оперативное вмешательство не может быть выполнено, у пожилых больных с тяжелыми сопутствующими заболеваниями. В связи с этим большое значение имеет консервативное лечение, которое является не только этапом предоперационной подготовки, но в некоторых ситуациях — основным лечебным пособием, улучшающим качество жизни пациента. Периодические курсы консервативной терапии представляют собой для них единственный метод лечения. Для пациентов, которым предстоит хирургическое вмешательство, проводимое консервативное лечение является одним из залогов успеха будущей операции и отсутствия осложнений в послеоперационном периоде. Внедрение в комплексное лечение обожженных, больных с язвами различной этиологии, пролежнями и пострадавших с отморожениями ультразвуковой обработки повышает эффективность их лечения за счет оптимизации течения раневого процесса вне зависимости от его стадии. Это проявляется в снижении экссудации, стимуляции краевой и островковой эпителизации, ускорении созревания грануляционной ткани. Эффект ультразвуковой обработки обеспечивается за счет улучшения микроциркуляции, снижения бактериальной обсемененности и повышения местных защитных сил (активация фагоцитоза), что выражается в смене дегенеративно-воспалительного типа цитогрaмм на воспалительно-регенеративный, а в дальнейшем на регенераторный. При глубоких поражениях тканей ультразвуковая обработка способствует сокращению сроков подготовки к аутодермопластике на $7 \pm 2,4$ суток, сокращению сроков лечения ожогов IIIа–IIIб степени на 10–14 дней. Методика комплексного воздействия на рану включает определенный алгоритм ультразвуковой кавитации (мощность, экспозиция, количество обработок, контактное или бесконтактное воздействие), местное применение ферментных препаратов, растворов антисептиков, антибиотиков, мазей на водорастворимой основе, сорбирующих покрытий в зависимости от состояния раны и выраженности гнойно-демаркационного воспаления.

Литература

1. *Балин В. Н.* Низкочастотный ультразвук и активность тканевых ферментов в гнойных резаноразможенных ранах мягких тканей / В. Н. Балин, А. С. Гук, В. И. Колодин / Тез. докл. Всесоюзной конференции с международным участием «Ультразвук в хирургии». М., 1990. С. 17–18.
2. *Шаповалов В. М.* Физические методы обработки гнойных ран конечностей (клинико-экспериментальное исследование): дис. ... канд. мед. наук. Л., 1981. 83 с.
3. *Vachur N.* Biological test of ultrasound // Surg. 1982. Vol. 51, N 5. P. 142–165.
4. *Зангер А. Ю.* Влияние ультразвука на чувствительность микрофлоры к антибиотикам и на ее патогенные свойства / А. Ю. Зангер, И. А. Ковальчук // Микробиол. журн. 1969. Вып. 6. С. 665–668.

5. *Зубарев П. Н.* Морфологические особенности хирургического лечения гнойно-некротических осложнений синдрома диабетической стопы / П. Н. Зубарев, Б. В. Рисман // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. 2010. № 4 (32). С. 41–45.
6. *Липин А. Н.* Местное лечение послеоперационных ран у больных с синдромом диабетической стопы // Вестн. Рос. воен.-мед. акад. 2009. № 1. С. 102–103.
7. *Эльтинер И. Е.* Ультразвук и клетка // Природа. 1966. № 7. С. 23–32.
8. *Соколов Д. В.* Ультразвук в медицине: основы биофизики, применение / Д. В. Соколов, В. М. Седов, Л. И. Меркулова. СПб., 1997. 64 с.
9. *Holm H. H.* Interventional ultrasound / H. H. Holm, B. Skjoldbye // Ultrasound Med. Biol. 1996. Vol. 22. P. 773–789.
10. *Горня Ф. И.* Исследование антимикробного действия низкочастотного ультразвука, применяемого в травматологии и ортопедии // Актуальные вопросы травматологии и ортопедии. М., 1975. Вып. 12. С. 115–117.
11. *Кичемасов С. Х.* Возможности использования ультразвуковой кавитации при обработке ран в комбустиологии / С. Х. Кичемасов, Ю. Р. Скворцов, И. В. Чмырёв // Актуальные проблемы термической травмы. СПб., 2006. № 3 (7). С. 149–150.
12. *Schikorski M. M.* Sonoca — Lipo: Handbuch: Manual der Liposuktion. Soring GmbH. 2000. 131 h.

Статья поступила в редакцию 15 июля 2011 г.