

Разработка и создание устройства для ультразвуковой обработки инфицированных ран

12, декабрь 2014

Сабельникова Т. М., Сабельников В. В.

УДК: 617-7:534 .292

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

smitr@mail.ru

Хирургическая инфекция является основной причиной послеоперационных осложнений. Согласно последним статистическим данным, осложнения гнойно - воспалительного характера только за счет хирургической инфекции возникают у 30% прооперированных больных, а частота нагноений мягких тканей после огнестрельных ранений достигает 60%. [5]. В целях ускорения процесса заживления ран, а также подавления патогенных микроорганизмов все большее распространение в хирургической практике находят, так называемые физические средства воздействия, среди которых достаточно перспективным является использование ультразвуковых колебаний [2].

В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан способ ультразвуковой обработки инфицированных ран и устройство для его осуществления, на который получен патент Российской Федерации за № 2082467 [1]. Предлагаемый метод воздействия на инфицированные раны позволяет усилить бактерицидную способность ультразвуковых колебаний за счет дополнительных интенсифицирующих физико- химических факторов: антисептиков малых концентраций, оптимального нагревания раствора и наложения на озвучиваемую среду внешнего статического давления [3,4].

В этом случае создаются благоприятные условия для ультразвуковой обработки любых ран независимо от размеров и состояния раневой поверхности, усиливается проникание лекарственных веществ в биоткани, сокращается время стерилизации инфицированных ран, ускоряется процесс их заживления.

Для опробования в клинических условиях предлагаемого технологического процесса озвучивания биотканей инфицированных ран была разработана специальная установка, конструкция которой представлена на рис 1.

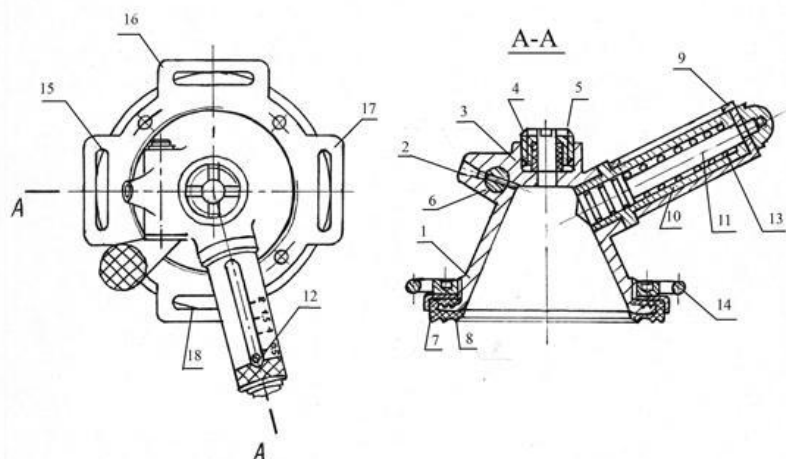


Рис.1 Конструкция установки для ультразвуковой обработки инфицированных ран.

Описание установки

Установка представляет собой герметичную камеру, которая в виде воронки открытым концом накладывается на раневую поверхность и закрепляется на ней, полностью закрывая наружные края раны, диаметр которой не должен превышать 40-50 мм. Опробование установки в клинических условиях показало, что выбранные базовые размеры её опорной поверхности позволяют осуществить успешное лечение достаточно большого числа огнестрельных ран на различных участках тела, характеризующихся различной формой и кривизной.

Установка состоит из корпуса 1, клапана 6, гайки 3 и плунжера 11. (см рис.1).

Подготовка установки к работе осуществляется в следующей последовательности:

1-установка закрепляется на озвучиваемом участке тела; 2- волновод акустического узла вводится во внутреннюю полость установки; 3-камера заполняется предварительно нагретым раствором антисептика ; 4- в озвучиваемом объёме создаётся повышенное статическое давление.

Закрепление установки обеспечивается натяжением бандажных жгутов, захваты которых входят в прорези гайки 14. Степень натяжения определяется условиями герметизации, обеспечивается вручную и фиксируется специальным зажимом.

Волновод вводится в камеру установки на глубину 10-15 мм через отверстие гайки 4 и уплотнительной втулки 5. При этом волновод не должен касаться каких - либо участков поверхности инфицированной раны.

Предварительно нагретый раствор антисептика поступает во внутреннюю полость установки через отверстие 2 клапана 6.

Лекарственный раствор выполняет роль постоянно присутствующей контактной среды и способствует непрерывности процесса озвучивания ран любой топографии .

Подачу лекарственного раствора рекомендуется осуществлять с помощью медицинского шприца, объём рабочей полости которого (≥ 50 мл) достаточен для полного заполнения камеры установки антисептическим раствором. Для этой цели цилиндрический наконечник шприца вводится в отверстие корпуса 1 до упора в валик клапана 6. Отверстие в корпусе для подачи раствора состоит из двух участков: конического и цилиндрического. На цилиндрическом участке отверстие притиралось по наконечнику шприца, что не приводило к разбрызгиванию раствора, обеспечивало равномерное поступление его в камеру и создание в ней повышенного давления среды.

Избыточное статическое давление обеспечивает надежное попадание антимикробных средств во все внутренние полости и карманы инфицированной раны. Наложение оптимальной величины внешнего статического давления на озвучиваемую среду приводит к повышению гидростатического давления, что в свою очередь увеличивает скорость захлопывания кавитационных полостей (каверн), интенсифицирует действие ударных волн и усиливает процесс кавитации в целом. В этом случае активизируется химическое (окислительное) действие ультразвука с образованием в растворе большого числа химически активных радикалов, увеличивается проницаемость клеточных мембран, усиливается диффузионное проникание химически активных веществ через оболочки клеток, что в целом значительно сокращает необходимое время санации инфекционных ран, ускоряя процесс их заживления [3,4,6].

Необходимая величина создаваемого давления определяется по степени сжатия тарированной пружины по мере перемещения плунжера 11 по внутренней полости цилиндра 10. Плунжер через гайку 9 жестко связан с втулкой 13, которая при повышении давления в камере перемещается совместно с плунжером. Величина этого перемещения является характеристикой величины давления, искусственно создаваемого в камере за счет принудительного нагнетания раствора при силовом перемещении поршня шприца. В процессе отладки установки была показана возможность создания в камере (указанным способом) рабочего давления среды до 1,5 ати.

При нагнетании раствора в камеру, создаваемое давление фиксируется совмещением прорези винта 12 с реперными рисками на границе паза втулки 13 [см. рис. 1]. Эти риски отражают результат предварительно выполненной тарировки пружины. Винт 12 выполняет не только роль указателя величины давления в камере, но и препятствует круговому повороту втулки 13 относительно цилиндра 10.

При достижении в камере заданной величины давления, обычно 0,3-0,5 ати, валик клапана 6 поворачивается на 90° путем нажатия вручную на лепесток с насечкой. В этом случае перекрываются отверстие для раствора в камеру, давление в которой, в процессе озвучивания, практически сохраняется постоянным в случае отсутствия значительных утечек. Шприц вынимается из отверстия корпуса, установка подготовлена к работе.

Для превращения возможных утечек жидкости из камеры установки предусмотрены следующие уплотняющие элементы:

а) кольцевые проточки на хвостовике плунжера 11, скользящего по цилиндру 10; б) втулка 5 из полиуретана между гайкой 4 и цилиндрической части волновода, введенного в камеру. Величина зазора между втулкой 5 и волноводом может регулироваться перемещением гайки 4 относительно корпуса 1; в) резиновое гофрированное кольцо 8, обеспечивающее плотное прилегание опорной плоскости установки к каждой поверхности. Кольцо закрепляется на установке через листовую прокладку 7 при завинчивании гайки 14.

После окончания технологического процесса ультразвукового бактерицидного воздействия давление в камере сбрасывается и установка снимается с озвучиваемой поверхности.

Все детали установки за исключением уплотнений выполнены из нержавеющей стали марок 30X13 и 12X18Н10Т, что предопределяет возможность надежной стерилизации. Кольцо 8 из термостойкой резины, втулка 5 из полиуретана после стерилизации не теряли своих физико-механических и эксплуатационных свойств.

Разработанный метод ультразвуковой обработки инфицированных ран и устройство для его осуществления были успешно опробованы в травматологическом отделении ГВКГ им. Н.Н. Бурденко при озвучивании инфицированных ран мягких тканей, связанных с огнестрельным ранением, а также резекцией и пломбировкой костной кисты.

Общий вид установки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид установки

Технические характеристики разработанного устройства

Рабочий объем камеры ~ 55 мл.

Диапазон рабочих давлений, создаваемых в камере $p = 0,3-1,5$ ати. Диаметр торца волновода 4,0 мм.

Диаметр озвучиваемого участка ~ 40-50 мм.

Габариты 80x60x50 мм

Процесс озвучивания осуществлялся с использованием серийной ультразвуковой установки модели УРСК -7Н со следующими параметрами колебаний : рабочей частотой $f=26,5$ кГц и амплитудой смещения торца концентратора $A=40-45$ мкм. Установка была оснащена ступенчатым волноводом с экспоненциальным переходным участком, общей длиной 125мм и диаметром рабочего торца волновода 4,0 мм.

Опробование установки

В процессе опробования предлагаемого метода ультразвуковой обработки инфицированных ран использовался нагретый до температуры 37- 42° С раствор перекиси водорода с концентрацией 0,1 % и наложением на озвучиваемую среду внешнего статического давления в диапазоне 0,4-0,5 ати .

На рис.3 приведен пример апробации разработанного метода в клинических условиях.



Рис. 3. Опробование установки в клинических условиях.

В процессе осуществления бактерицидной обработки допускалась некоторая разгерметизация стыка и незначительная утечка лекарственного раствора из камеры при условии сохранения в ней неизменной величины избыточного давления, что достигалось постоянной принудительной подпиткой в камеру антисептического раствора.

Необходимое время озвучивания и число сеансов зависит от целого ряда факторов: типа и состояния раны, степени её бактериальной загрязненности, микробного пейзажа раны, состояния организма больного, условий протекания послеоперационного периода заживления и т.д.

В процессе апробации метода и разработанного устройства время экспозиции обычно составляло 3~4 мин.

Во всех опробованных случаях отмечался положительный эффект: раны быстро очищались от фибриновых и гнойных налетов, оживлялись грануляции, в 1,5 раза активнее проходила эпителизация раны. Раны заживали с развитием мягкого рубца, не спаивавшегося с подлежащими тканями. Срок лечения ран сокращался на 7-8 дней.

Выводы

1. -В МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан способ ультразвуковой обработки инфицированных ран и устройство для реализации этого способа, на который получен патент Российской Федерации.
2. В целях сокращения необходимого время озвучивания и создания высокого бактерицидного эффекта предлагается интенсифицировать кавитационное воздействие ультразвука за счет дополнительных физико – химических факторов: антисептиков малых концентраций, избыточного внешнего статического давления и оптимальной температуры озвучиваемого раствора. Установлено, что наибольший эффект достигается при использовании в качестве антисептика раствора перекиси водорода с концентрацией 0,1%, нагревании озвучиваемого лекарственного раствора до температуры $\Theta=37-42^{\circ}\text{C}$ и внешнем статическом давлении в диапазоне $p=0,4-0,5$ ати.
3. Для осуществления предложенного способа ультразвуковой обработки инфицированных ран была разработана и создана опытно-промышленная установка которая представляет собой быстросменную герметичную камеру, ограничивающую зону ультразвукового воздействия и закрепляемую на теле пациента. В камеру вводится волновод и создается избыточное статическое давление за счёт принудительной подачи предварительно нагретого раствора антисептика .
4. Разработанное устройство было успешно опробовано в травматологическом отделении ГВКГ им. Н.Н. Бурденко, что способствовало активной эпителизации ран и существенно сокращало период стационарного лечения.
5. Областью рационального применения разработанного метода и устройства для его осуществления является обработка инфицированных ран мягких тканей и, в частности, огнестрельных ран, характеризующихся сложной топографией раневых каналов, а также значительными внутренними дефектами биотканей.

Список литературы

1. Сабельников В.В, Лоцилов В.И., Сабельникова Т. М. «Способ ультразвуковой обработки инфицированных ран и устройство для его осуществления» Патент Р.Ф. № 2082467 от 27.06.1997 г.
2. Николаев Г.А. , Лоцилов В.И. « Ультразвуковая технология в хирургии» М. : Медицина,1980. 222 с.
3. Черкашин В.В., Сабельникова Т.М. «Влияние физико – химических факторов на усиление бактерицидного действия ультразвука». Сб. «Ультразвук в физиологии и медицине» Тезисы докладов III – ей Всесоюзной конференции . Ташкент , 1989, 176 с.

4. Сабельникова Т.М. и др. «Совместное воздействие ультразвука и антисептика на гноеродные бактерии. В кн. «Ультразвук и другие виды энергии» в хирургии.- Труды МВТУ ,1980. № 319. С. 59-63.
5. Кузин М.И., Костюченко Б.М. «Раны и раневая инфекция», М. : Медицина 1999.
6. Сабельникова Т.М., Сабельников В.В. « Усиление бактерицидного действия ультразвука с помощью дополнительных физико-химических факторов» Доклад на 5-ой Международной конференции «Радиоэлектроника в медицине» М. 2005. НИИНФ.