



ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СВАРКА МЯГКИХ ТКАНЕЙ В ХИРУРГИИ

Академик **Б. Е. ПАТОН** (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Отмечены основные недостатки существующих способов соединения мягких тканей при хирургических операциях. Установлено, что при определенных условиях возможно соединение разрезов различных органов и мягких тканей способом, основанным на нагреве места соединения током высокой частоты. Этот способ имеет много общего с контактной сваркой сопротивлением, поэтому именуется сваркой. Многочисленные эксперименты, выполненные на животных, а позже и в клиниках, подтвердили возможность и перспективность сварки в хирургии. В клиниках Киева прооперировано свыше 2 тыс. пациентов. Перечислены проверенные и освоенные в киевских клиниках хирургические вмешательства с эффективным использованием сварки.

Ключевые слова: электрическая сварка, мягкие ткани, хирургия, соединение, аппаратура и инструмент, преимущества

Важнейшими задачами современной хирургии являются разработка и внедрение в клиническую практику новых способов соединения органов и тканей, простых в исполнении для хирурга и щадящих для больного. Существующие традиционные способы восстановления целостности ткани с использованием шовных материалов, сшивающих аппаратов, клеевых композиций и других средств не совершенны.

Так, при использовании шовных материалов существует опасность нарушения кровообращения в зоне наложения швов, миграции микроорганизмов по шовным нитям, что может привести к развитию гнойных осложнений, перитонита, гранулем, анастомозитов и перианастомозитов. Существует также реальная угроза развития аллергических реакций организма на инородное тело. Именно поэтому все большее количество исследований в хирургии посвящено поиску новых способов соединения тканей.

Распространенный способ соединения тканей с помощью степлеров предусматривает использование аналогов шовных нитей — металлических скобок, которые остаются в тканях и имеют те же недостатки, что и нити. Кроме того, в зоне компрессии наблюдается выраженная ишемия соединяемых тканей, что осложняет процесс регенерации.

Склеивание тканей по ряду известных медикам причин также не получило широкого применения.

Лазерная сварка не обеспечивает требуемой прочности соединений. Лазерный нагрев с «припоем» на основе белка имеет некоторую перспективу использования в хирургической практике, однако усложненная технология может стать тормозом для широкого применения.

Электрическая сварка для соединения разрезов живой ткани и органов при хирургических вмешательствах впервые была осуществлена коллективом исследователей Института электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины (ИЭС) совместно с учеными и специалистами экспериментального отдела Института хирургии и трансплантологии (ИХиТ) АМНУ при участии Международной ас-

социации «Сварка» и активном финансовом содействии американской компании CSMG. Вначале на животных была выполнена серия экспериментов, в которых приняли участие микрохирурги объединения «Охматдет». Работу поддержали американские хирурги во главе с известным американским проф. Дж. Куцом из Луисвилля (США). Результаты начальных экспериментов украинского коллектива дважды демонстрировались в США американским специалистам. Поскольку на следующем этапе внимание было сосредоточено на общей хирургии и инженерных проблемах, то в состав коллектива были введены сотрудники Центрального клинического госпиталя военно-медицинского управления СБУ (клиническая база Национального медицинского университета). Исследования по микрохирургии были отложены до создания совершенной техники и получения с ее помощью положительных результатов по общей хирургии.

Опыт применения электрохирургии для резки тканей и гемостаза насчитывает около ста лет. Коллектив исследователей заинтересовался одним из электрохирургических приемов, так называемой биполярной коагуляцией. При его осуществлении электрический ток высокой частоты проходит через стенки «сжатого» сосуда или мелкие сосуды и вызывает их нагрев. При температуре свыше 50...55 °С содержащиеся в ткани белки — глобулины — начинают «разматываться» и переплетаться, в результате чего происходит соединение сжатых стенок сосуда, что исключает кровотечение. Скорость коагуляции существенно зависит от температуры: чем она выше, тем быстрее белки коагулируют.

Биполярную коагуляцию часто используют для герметизации сосудов диаметром до 1,5 мм. Герметизированный биполярной коагуляцией сосуд выдерживает без потери герметичности давление, значительно превосходящее артериальное.

Наши первые исследования показали, что при определенных условиях благодаря биполярной коагуляции можно соединять не только стенки тонкого сосуда, но и множество других слоев различных органов и тканей. Однако предстояло выяснить, что требуется для того, чтобы биполярную коагуляцию можно было использовать для сое-



Рис. 1. Источник питания со встроенной аппаратурой управления

динения тканей в месте разреза взамен традиционного соединения с помощью ниток или металлических скобок. При этом необходимо было обеспечивать надежность соединения органов или тканей, гарантирующего их функционирование в раннем послеоперационном периоде и скорейшее восстановление функций оперированного органа.

Многочисленные экспериментальные исследования показали, что надежность соединения органов и тканей зависит от многих факторов, в частности, формы кривой тока высокой частоты, формы кривой термического цикла, абсолютных значений частоты, температуры нагрева свариваемых участков ткани и сжимающих их электродов, удельного давления электродов, продолжительности нагрева ткани, ее физических свойств и др. Надежное соединение тканей возможно только при благоприятном сочетании перечисленных факторов.

Процесс соединения органов и тканей напоминает контактную сварку сопротивлением и имеет

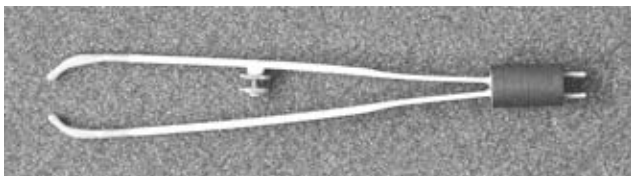


Рис. 2. Биполярные пинцеты для сварки

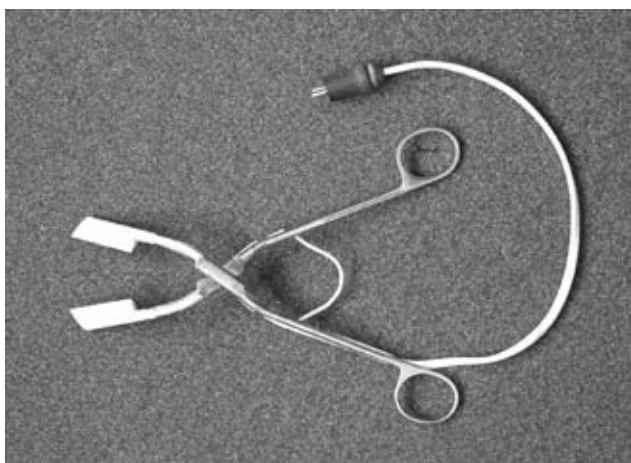


Рис. 3. Зажим для сварки

с ней много общего. Поэтому далее этот процесс будем называть сваркой.

Для того чтобы восстановление физиологических функций оперированного органа или ткани протекало достаточно быстро и не влекло за собой осложнений, термическое воздействие должно быть, с одной стороны, минимальным, с другой — достаточным для получения надежного соединения. Этим соответственно, кроме всего прочего, и отличается процесс сварки от традиционного процесса биполярной коагуляции, при котором перегрев ткани в месте расположения электродов или неудачное его осуществление может привести к потере жизнеспособности ткани. Важно также, чтобы сварочное оборудование и сварочный инструмент были простыми и удобными для хирурга, не отвлекали его внимание и не приводили к потере времени. Поэтому особое внимание должно быть обращено на создание системы автоматического управления сварочным комплексом.

Нашему коллективу удалось в значительной мере разрешить проблемы, связанные с осуществлением сварки мягких тканей, создать лабораторную аппаратуру с автоматической системой управления сварочным процессом, необходимую для проверки технических решений, и довести ее до применения в общей хирургии и гинекологии.

Аппаратура и хирургический инструмент. Установлено, что широко распространенная аппаратура для коагуляции не пригодна для сварки. Ученым и специалистам ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины в сотрудничестве с врачами удалось определить специфические требования, которым должна удовлетворять аппаратура для сварки. К ним относятся, в частности, изложенные выше требования. Кроме того, необходимо было изыскать способы самонастраивания системы высокочастотного питания, обеспечивающие образование сварных соединений при наименьшем тепловом воздействии на ткань в условиях возможных изменений толщины свариваемых слоев и их физических свойств. Настройка системы управления должна была проводиться автоматически без отвлечения хирурга от выполнения его основных функций. В результате проведения комплексных исследований разработаны способ соединения мягких тканей, устройство и инструменты для его осуществления. Идеи, заложенные в разработки, признаны оригинальными и на них выданы патенты [1–7]. Несомненным достоинством аппаратуры следует считать ее универсальность. Она может быть успешно использована в качестве коагулятора для резки, а также для получения за один прием кольцевых и линейных швов. Одна из моделей источника питания со встроенной аппаратурой управления показана на рис. 1.

Хирургические инструменты выполнены в биполярном варианте (рис. 2–5). Наиболее часто используются пинцеты и зажимы. В тех случаях, когда хирургу трудно контролировать давление, ориентируясь только на силу пальцев, удерживающих инструмент, пинцеты оснащаются специальными приспособлениями. Следует подчеркнуть, что стабилизация давления имеет существенное зна-



чение. Поскольку у ткани малая упругость, то чем больше сила, с которой электроды сжимают ткань, тем меньше нагреваемый объем, что так или иначе отражается на конечных результатах. При избыточном сжатии неминуем электрический пробой свариваемых слоев, и наоборот, при недостаточном сжатии нагреваемый объем чрезмерно велик.

Большое значение уделялось форме рабочей поверхности электродов и материалу для их исполнения. Последний должен удовлетворять условиям длительного использования (с короткими промежутками времени) без перегрева. Одним из важных показателей операции является скорость ее выполнения, которая определяет время пребывания больного под наркозом. Электрическая сварка и в этом отношении перспективна, так как созданный специализированный инструмент предельно сокращает время выполнения соединения. В частности, таким инструментом (рис. 4) сварка выполняется за один прием в течение 2...3 с. Эффективно применение сварки и при лапароскопических операциях с использованием специализированного инструмента (рис. 5).

Эксперименты на животных. Разработка инструментов, источника питания, системы управления и программного обеспечения проводилась в тесном сотрудничестве инженеров и врачей-экспериментаторов. Каждое техническое решение проходило проверку на животных, многократно уточнялось и вновь проверялось. Одновременно выполнялись и медицинские исследования.

Вначале операции были проведены на белых крысах. После доказательства принципиальной возможности сваривания живых тканей выполнена большая серия экспериментов на кроликах. Проведены следующие оперативные вмешательства: закрытие холецистомной раны, аппендэктомия, закрытие гастротомной раны, формирование анастомозов толстого кишечника конец в конец и бок в бок, электрорезекция печени и сварка раны мочевого пузыря. После эвтаназии животных в сроке до четырех лет производилась оценка сформированных соединений в сравнительном аспекте с точки зрения степени выраженности некробиотических изменений в зоне соединения, состояние степени выраженности некротических изменений в зоне соединения, состояние эпителизации слизистой, наличия рубцовых стенозов и других сращений. Особое внимание уделялось изучению состояния межкишечных анастомозов, выполненных с применением сварочной технологии, и их сравнению с шовными соустьями при традиционной методике.

Завершающим этапом экспериментальных исследований стали операции с использованием сварочной технологии на контрольной партии свиней массой 20...25 кг (45 особей). Выбор вида животных обусловлен тем, что структура биологических тканей свиньи и человека весьма сходная. Одна из основных целей этого этапа — статистическая оценка электрической сварки как элемента хирургической технологии. Одной из первых операций на свиньях было сваривание стенки желчного пузыря. По сравнению с холецистотомией



Рис. 4. Инструмент для стыковой сварки (конец в конец) кишок

со скобочным швом, наложенным с помощью степлера «Autosuture», результаты сварки с точки зрения эпителизации, интенсивности послеоперационных сращений и толщины рубца были предпочтительнее. Затем последовали операции формирования брауновского соустья при наложении холецистоэнтероанастомозов. Хорошие результаты позволили перейти к операциям с формированием толсто-толстокишечных анастомозов с помощью сварочного пинцета, а затем и к наложению конце-концевых анастомозов толстой кишки с помощью специальных устройств, обеспечивающих соединение кишок за один прием. В операциях на толстой кишке получены достаточно обнадеживающие результаты. Через шесть месяцев линию шва удавалось идентифицировать лишь морфологически. Все анастомозы были состоятельны, проходимы, хорошо функционировали.

Одновременно проводились опыты по коагуляции ткани печени в зоне действия электродов при соответствующих режимах сварки. При этом создавалась коагуляционная борозда длиной до 60 мм, что позволяло производить бескровную краевую резекцию печени.

Животные из контрольной партии выводились из эксперимента через 14, 30, 60, 90 и 180 суток. Все прооперированные животные выжили. Осложнений, связанных с оперативным вмешательством, не наблюдалось. Проведенные исследования подготовили надежную почву для широкого внедрения метода электросварки как основного и вспомогательного способа соединения биологических тканей при операциях в клинической практике.

Опыт применения сварки в клиниках. Проведенные в ИХиТ АМН Украины экспериментальные исследования сварки тканей животных позволили перейти к поэтапному клиническому применению разработанного способа на человеке в Центральном клиническом госпитале ВМУ СБУ и в ИХиТ. Вначале сварку применяли на удалении

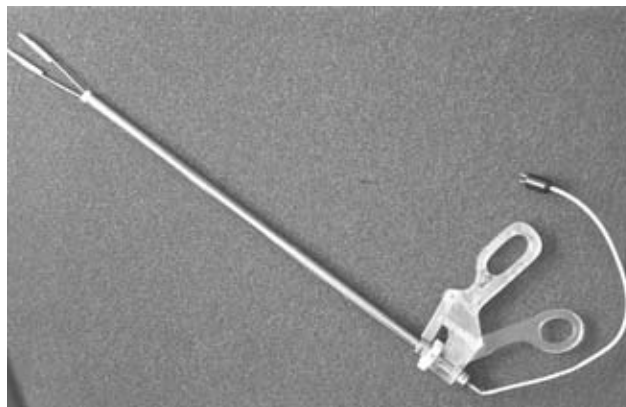


Рис. 5. Инструмент для лапароскопических операций



органов и на тканях человека, обрабатывали методику получения соединения и ее режимы. Затем сварочную технологию использовали при выполнении открытых оперативных вмешательств на органах или той их части (желудок, кишка), которые подлежали удалению.

Операция с применением электросварочных инструментов на человеке (соединение раны желудка после гастротомии) впервые в клинической практике выполнена в Центральном клиническом госпитале ВМУ СБУ в июне 2000 г. В последующем там же выполнены операции на желчном пузыре (рис. 6), пузырном протоке, маточных трубах и других органах. Созданы инструменты для сварки желчного пузыря, желчных протоков, толстой и тонкой кишки, маточных труб, матки, брюшины, апоневроза кожи, подкожной клетчатки. Успешное выполнение 44 операций позволило Министерству охраны здоровья Украины выдать свидетельству о регистрации оборудования для сварки органов и тканей и разрешение на его клиническое применение.

Сегодня это оборудование применяется в ряде клиник Киева (городской больнице № 1, на кафедре грудной хирургии и пульмонологии Академии последипломного образования с отделением «Политравма» больницы № 17), а также в Донецком онкологическом центре. В настоящее время с помощью электросварки операции проводятся во многих областях хирургии. Прооперировано более 2 тыс. пациентов без летального исхода либо серьезных осложнений. Тем не менее, предстоит еще много сделать для расширения областей применения электрической сварки, совершенствования хирургических приемов. Для этого потребуются прежде всего расширение наших знаний о тканях как специфичной электропроводящей среды и явлениях, протекающих в ней при нагреве, совершенствование аппаратуры, разработка специализированных инструментов для быстрого выполнения соединений. Все это должно быть в перспективе, а пока следует шире использовать созданное оборудование, которое, как показывает опыт применения в клиниках, дает хорошие результаты.

В мае этого года украинская делегация ученых и специалистов демонстрировала в США американским хирургам и представителям медицинской промышленности возможности сварочной техники

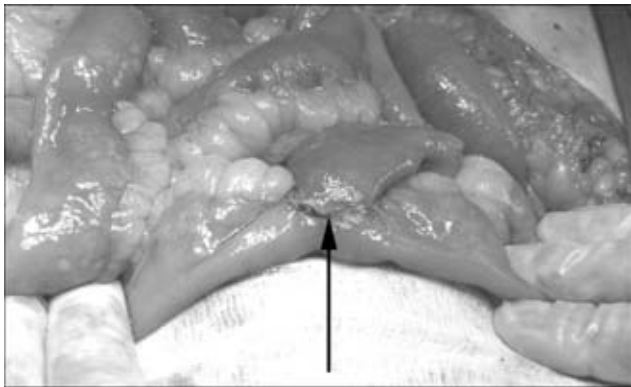


Рис. 6. Сварной шов (указан стрелкой) на разрезе желчного пузыря сразу же после выполнения

в хирургии. Присутствующие дали положительную оценку выполненной украинским коллективом работы. В частности, проф. Дж. Куц, присутствовавший на демонстрационных операциях, отметил, что выполнение подобных операций (на кишечнике, печени и других органах) может произвести революцию в хирургии в ближайшие годы (2–5 лет).

Преимущества сварки по сравнению с традиционными способами соединения тканей. Опыт применения сварки в клинических условиях подтвердил ее эффективность. Важным результатом является предотвращение развития таких серьезных последствий применения шовных материалов, скобок, клея, как:

неизбежное развитие воспалительной реакции в ответ на наличие их в ране;

угроза распространения инфекции из полых органов (кишечник, желудок) по ходу шовного материала с последующим развитием тяжелых послеоперационных осложнений;

угроза стенозирования анастомозов вследствие развития грубых рубцовых тканей в отдаленном послеоперационном периоде и др. При выполнении операций на желчном и мочевом пузыре «инородные тела» могут стать основой последующего конкрементобразования.

Перспективна электросварка при формировании анастомозов между трубчатыми или полыми органами благодаря меньшей угрозе развития анастомозитов, стенозов, инфицирования послеоперационных ран, образования гранулем, сером, лигатурных свищей, требующих нередко весьма длительного лечения.

Применение электросварки при операциях на печени и селезенке позволяет достичь максимального гемо- и холестатического эффекта, а концентрация энергии на строго локальных участках — избежать повреждений магистральных трубчатых структур (артериальных и венозных сосудов, желчных протоков).

Использование сварочных технологий позволяет ускорить выполнение оперативного вмешательства в среднем на 20...40 мин и сократить примерно на 200...250 мл потерю крови, а иногда в несколько раз больше, достичь экономического эффекта за счет сокращения показаний к применению дорогих аппаратов и степлеров, экономии шовного материала, клипс и др.

Особо весомы преимущества электросварки при их сочетании с эндоскопическими и лапароскопическими методами оперативного вмешательства, что взаимно усиливает преимущества каждого из указанных методов отдельно (надежность, малая травматичность, миниинвазивность).

Весьма перспективной электросварка должна быть при выполнении восстановительных операций на органах желудочно-кишечного тракта прежде всего кишечника, желудка, с формированием анастомозов, в том числе конец в конец, бок в бок для временной или окончательной герметизации отрезков указанных органов после удаления патологического очага.



В клинической практике в ургентной хирургии сварочные технологии также могут широко применяться при остром аппендиците, травмах паренхиматозных органов (гемостаз, резекция разможженной части органа), перфоративных язвах желудка и двенадцатиперстной кишки, травматических повреждениях легких и др. Сваривание поврежденных стенок желчного пузыря, дистальной части общего желчного протока, технически сложное выполнение другими методами билио- и панкреатодигестивных анастомозов, удаление кист, гемангиом печени — вот тот далеко неполный перечень показаний к применению электросварки органов и тканей в хирургии гепатобиллиарной системы.

Нежный рубец в зоне анастомозируемых органов увеличивает перспективу применения указанного метода в тех областях хирургии, где лигатурный и аппаратный шов технически трудно выполнимы. Это наложение билио- и панкреатодигестивных анастомозов, операции по восстановлению проходимости маточных труб. Стенозы сосудов особенно сложны, так как ведут к изменению анатомического строения и функций анастомозируемых органов. Эту проблему также следует попытаться решить с помощью электросварки.

Сварочные технологии должны найти широкое применение в гинекологической практике. Прежде всего при восстановлении проходимости маточных труб в случае бесплодия различной этиологии, вне-маточной беременности (нежный рубец, меньшая степень угрозы ее стенозирования в результате рубцевания), а также при выполнении таких травматичных и опасных своими осложнениями операций, как экстирпация и надвлагалищная ампутация матки, которые выполняются практически бескровно.

Существенный эффект, как показывают первые результаты, может быть получен в проктологии.

Полученные экспериментальные результаты дают основание предполагать о вполне реальном применении электросварки в сосудистой хирургии, нейрохирургии, где важно образование нежного рубца в зоне операции, профилактике стенозов сосудов и др. Думаю, что в недалеком будущем

сварочные технологии будут успешно использоваться в трансплантологии при формировании сосудистых соустьев, в легочной хирургии.

В урологической практике электросварка тканей может найти применение для закрытия ран мочевого пузыря, уретры, соединения конец в конец поврежденных мочеточников.

Перспективно применение сварочных технологий и в ларингологии. В настоящее время уже созданы первые образцы сварочных инструментов для этих целей, которые переданы в Центральный клинический госпиталь ВМУ СБУ и нашли там клиническое применение.

Несомненно, области рационального применения сварки со временем будут расширяться. Об этом со всей очевидностью свидетельствуют результаты ее использования в клиниках. Сейчас говорят об актуальности решения задачи обеспечения оперативности вмешательства в отдаленных районах, где нет медицинской помощи, например, в космосе или опытной станции. Можно предложить в дальнейшем применение роботов, управляемых на больших расстояниях квалифицированным хирургом с помощью телевизионных систем. В отмеченных условиях сварка упростит операцию и позволит провести ее с лучшим результатом, меньшей потерей крови.

1. Пат. 39907 Україна, МКІ 7А61В17/00. Спосіб з'єднання судин та інших порожнистих органів тварин, або людини та пристрій для його здійснення / Б. Є. Патон та ін. — Оpubл. 16.07.01, Бюл. № 6.
2. Пат. 44805 С2 Україна, МКІ 7А61В17/00. Спосіб з'єднання м'яких біологічних тканин і пристрій на його здійснення / Б. Є. Патон та ін. — Оpubл. 16.09.02, Бюл. № 9.
3. Пат. 26112 С2 Україна, МКІ 6А61В17/00. Інструмент для з'єднання м'яких біологічних тканин / Б. Є. Патон та ін. — Оpubл. 16.10.02, Бюл. № 5.
4. Пат. 200206556 Україна. Спосіб зварювання м'яких тканин людини / Б. Є. Патон та ін. — Оpubл. 15.01.04, Бюл. № 1.
5. Pat. 11 2003/0158551 A1 USA. System and method control of tissue welding / B. Paton et al. — Publ. 21.08.2003.
6. Pat. 6,562,037 B2 USA. Bonding of soft biological tissues by passing high-frequency electric current therethrough / B. Paton et al. — Publ. 13.05.2003.
7. Pat. 199926669 B2 Australia, A61B17/36 A1. Bonding of biological tissue by passing high-frequency electric current / B. Paton et al. — Publ. 02.09.1999.

Main drawbacks of the available methods for joining soft tissues in surgery operations are noted. It has been established that under certain conditions it is possible to join incisions in different organs and soft tissues by the method based on heating the joining zone by a high-frequency current. This method has much in common with the resistance welding method. That is why it is called welding. As proved by multiple experiments made on animals, and later in clinics, the application of welding in surgery is feasible and highly promising. More than 2000 patients were operated in the clinics of Kiev. Surgical operations, approved and mastered by the Kiev clinics, characterised by the efficient application of welding, are listed.

Поступила в редакцию 30.06.2004