

Однако у трех пациенток практически не было выявлено разницы в первоначальном сцеживании и доцеживании между аппаратами. Наблюдения в ходе проведения сцеживания обнаружили, что разница в объеме зависела от анатомических характеристик молочной железы и ее функционального состояния на время выведения молока. Так, в случае равного объема молока, сцеженного аппаратами «Лактопульс» и «Мидила Симфони», молочные железы у пациентки были очень «легкие». Через прозрачную накладку было хорошо видно, что молоко начинало выделяться из железы струйками под действием вакуума вдвое меньше установленного. Более того, примерно через 0,5 мин молоко начинало довольно интенсивно капать из соседней железы, что указывало на формирование рефлекторного пика выведения молока. В том случае, если железа была более «тугая», в первую минуту сцеживания молоко выводилось только при использовании аппарата «Лактопульс», т. е. в период действия вакуумных стимулов совместно со стимулами сжатия. При выведении аппаратом «Мидила Симфони» молоко начинало сцеживаться позже, чем в случае сцеживания аппаратом «Лактопульс». В дальнейшем при повышении рефлекторного давления в альвеолярно-протоковой системе железы в результате формирования рефлекса выведения молока молоко начинало выводиться и во время действия только импульсов вакуума.

Заключение

Результаты проведенных обследований позволяют заключить, что сцеживание аппаратом «Лактопульс» более эффективно, чем аппаратом «Мидила Симфони». Здесь следует отметить, что молоко у женщины находится в двух отделах железистой ткани молочной железы. Первый отдел включает в себя толстые и средние протоки (протоковый отдел). Второй отдел включает в себя альвеолы и отходящие от них тонкие протоки (альвеолярно-протоковый отдел). Большая часть молока находится во втором отделе. Выведение молока из протокового отдела зависит главным образом от разности давлений, создаваемых между объемом воздуха в накладке и в протоках железы. В обоих аппаратах вакуумное давление было выбрано –152 мм рт. ст., но в аппарате «Лактопульс» дополнительно протоки сжимаются, т. е. к вакуумному давлению добавляется положительное давление. В результате разность давлений между внутренним объемом протоков и внешней средой увеличивается, что, как показали наши исследования [3], повышает скорость выведения молока. Важно отметить, что стимулы сжатия дополнительно улучшают формирование рефлекса выведения молока, что также положительно сказывается на скорости выведения молока [7]. Повысить скорость выведения молока у молокоотсоса «Мидила Симфони» можно за счет создания более высокого вакуума. Однако при этом у

женщины могут возникнуть болевые ощущения, что негативно скажется на формировании рефлекса выведения молока [8], за счет которого молоко выводится из альвеолярно-протокового отдела в протоковый отдел.

Список литературы:

1. American Academy of Pediatrics. Breastfeeding and the use of human milk // Pediatrics. 2012. № 3. PP. 827-841.
2. Fewtrell M.S., Lucas P., Collier S., Singhal A., Ahluwalia J.S., Lucas A. Randomized trial comparing the efficacy of a novel manual breast pump with a standard electric breast pump in mothers who delivered preterm infants // Pediatrics. 2001. № 6. PP. 1291-1297.
3. Alekseev N.P., Ilyin V.I. The mechanics of breast pumping: Compression stimuli increased milk ejection // Breastfeed. Med. 2016. № 11. PP. 370-375.
4. Алексеев Н.П., Омелянюк Е.В., Талалаева Н.Е. Изменение временных параметров стимулов сжатия при выведении молока во время кормления ребенка // Физиол. жур. им. И.М. Сеченова. 2003. № 11. С. 1396-1403.
5. Mizuno K., Ueda A. Development of sucking behavior in infants with Down's syndrome // Acta Paediatr. 2000. № 12. PP. 1384-1388.
6. Meier P.P., Patel A.L., Hoban R., Engstrom J.L. Which breast pump for which mother: An evidence-based approach to individualizing breast pump technology // J. Perinatol. 2016. № 7. PP. 493-499.
7. Alekseev N.P., Ilyin V.I., Yaroslavski V.K., Gaidukov S.N., Tikhonova T.K., Specivcev Y.A., Omelyanjuk E.V., Tkachenko N.N. Compression stimuli increase the efficacy of breast pump function // Eur. J. Obstet. Gynecol. Reprod. Biol. 1998. № 77. PP. 131-139.
8. Ueda T., Yokoyama Y., Irahara M., Aono T. Influence of psychological stress on suckling-induced pulsatile oxytocin release // Obstet. Gynecol. 1994. № 84. PP. 259-262.

Николай Петрович Алексеев,
д-р биол. наук, профессор,
Владимир Иванович Ильин,
канд. биол. наук, инженер-исследователь,
кафедра общей физиологии,
Санкт-Петербургский государственный университет,
г. С.-Петербург,
Михаил Михайлович Трошкин,
генеральный директор,
Вадим Анатольевич Улезько,
зам. генерального директора,
ЗАО ПК «Медицинская техника»,
г. Тула,
e mail: ultra3@yandex.ru

А.В. Лебедев, А.Г. Дубко

Применение электросварки живых тканей в хирургии (обзор)

Аннотация

Сварка применяется во многих областях в хирургии. Уменьшаются время операции, потери крови, вероятность послеоперационных осложнений. Ее удобно применять там, где сложно или нельзя использовать нитки, клипсы, скобки.

Электросварка применяется в хирургии для разрезания, гемостаза и соединения тканей. Ткань сжимается электродами, и через нее пропускается высокочастотный ток. Под воздействием температуры и электрического поля происходят изменения, которые приводят к образованию сварочного соединения. В месте сварки наблюдается тесное соединение пучков эластических, коллагеновых и гладкомышечных волокон. Основными механизмами образования соединения являются сплавление мышечных и коллагеновых волокон, склеивание «ДНК-протеин-ассоциированным-аутобиоклеем» [1]-[4]. Таких явлений нет в обычной электрохирургии. В Институте электросварки им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины (ИЭС) этот метод начали изучать совместно с меди-

цинскими организациями с 1992 года. На него получены патенты США, России и других стран [5]-[8]. Применение сварки описано в статье по мере внедрения ее в области хирургии.

Применение сварки при гемостазе и разрезании ткани

При сварке сосудов небольшого диаметра используются специализированные пинцеты, для большего диаметра – зажимы (рис. 1).

Техническим вопросам посвящены работы [9]-[11].

С увеличением частоты сварочного напряжения начинает сказываться эффект вытеснения тока к внешней поверхности электрода [12]. Это явление необходимо учитывать при разра-

ботке новых эффективных электрохирургических инструментов.

В США была проведена независимая экспертиза сварки обрубками ИЭС артерий свиней массой 70 кг. Сваривались артерии диаметром от 2 до 8 мм и аорта диаметром 12 мм. Средняя прочность соединений в семь раз превышает нормальное систолическое давление и составляет (940 ± 84) мм рт. ст.

Разрезание ткани с одновременным завариванием сосудов может выполняться двумя способами. В первом случае зажимами или пинцетами для сварки вначале проваривается массив ткани, который затем разрезается. Во втором случае используются специализированные пинцеты и зажимы, которые одновременно разрезают и выполняют гемостаз [13].

Гемостаз осуществляется за счет образования в зоне сварочного соединения клейкоподобной биомассы, спазма сосудов и наличия тромботических масс [3], [4]. В разрезе отсутствует некроз, мышцы розового цвета сохраняют жизнеспособность [1]. Инструменты для разрезания имеют более узкие электроды [14].

Для гемостаза паренхиматозных органов и остановки капиллярных кровотечений используют инструменты с двумя неподвижными электродами, разделенными изоляционной прокладкой. Между электродами по ткани протекает ток, коагулирующий кровь и заваривающий сосуды [15].

При уменьшении толщины прокладки температура ткани увеличивается, что способствует ее разрезанию с одновременным гемостазом [16].

Биполярные инструменты с гибкими проводниками используют при эндоскопических операциях для остановки желудочно-кишечных кровотечений.

Применение сварки при онкологических операциях

Опухоли интенсивно снабжаются кровью. Необходимо перекрывать сосуды, не вызывая распространения клеток опухоли. За счет быстрого гемостаза сварка позволяет существенно сократить время операции, в несколько раз снизить потери крови, обеспечить асептичность и герметизацию места соединения. Отсутствие шовного материала устраняет осложнения, связанные с реакцией организма на инородное тело [1], [3], [17].

Пациенты поступают на операцию после курсов лучевой и химиотерапии. Это ослабляет иммунную систему и способность организма к заживлению ран. Использование ниточных швов для соединения краев ран приводит к гнойным и воспалительным процессам и отсутствию сращения ткани. Сварка сразу соединяет ткани, что благоприятно сказывается на послеоперационном периоде. При удалении опухолей мозга сварка используется для гемостаза и приварки имплантатов, закрывающих дефекты твердой мозговой оболочки.

Сварку используют для восстановления проходимости маточных труб при бесплодии или внематочной беременности. Операция способствует сохранению детородной функции пациентки и может выполняться как открытым, так и лапароскопическим способом. При удалении кисты яичника зажимом заваривается ножка, потом она пересекается и удаляется. Сварка эффективно используется при рассечении спаек, удалении миом, искусственном прерывании беременности, открытой и

влагалищной гистерэктомии [1]. Сварка уменьшает потери крови на 70 %, сокращает длительность операции в 2 раза и вероятность послеоперационных осложнений на 80 % [4].

В детской хирургии наиболее важны сокращение времени операции, уменьшение потери крови, безопасность, отсутствие ожогов. Поэтому сварку применяют для новорожденных, обрезают крайнюю плоть, удаляют дивертикул Меккеля и гемангиомы, лечат пациентов с коагулопатией и болезнью Виллебранда [1].

При лапароскопических операциях для соединения тканей и перекрытия сосудов и протоков пользуются клипсами или скобками, что удорожает операцию и может привести к оставлению инородных тел в организме. Места проколов тканей скобками не обеспечивают полной герметизации. Клипсы могут сползть с перекрытых сосудов и протоков, вызывая осложнения. Сварка обеспечивает герметичность соединения, нагрев не распространяется на окружающие ткани. В шве есть многочисленные тканевые компоненты, в том числе неповрежденные клетки, что создает предпосылки для последующего восстановления [18].

Сварочные инструменты используются не только для сварки, но и для мобилизации органов и манипуляций с ними, что удобно для хирурга, особенно при SILS-операциях (Single Incision Laparoscopic Surgery), выполняемых через один прокол в области пупка [19].

При холцистэктомии одним сварочным инструментом производится выделение сосудов и протоки с последующей сваркой. Сварка при лечении острого аппендицита позволяет отказаться от дренажа, создает антимикробный эффект в месте шва, герметично перекрывает просвет отростка, уменьшает вероятность возникновения послеоперационных осложнений и время пребывания в стационаре [1], [20].

Биполярный лапароскопический инструмент используется для заварки воздушных пузырей (булл) диаметром около 1 см на поверхности легкого при лечении спонтанного пневмоторакса. При сварке булла коагулируется, сморщивается, уменьшается в размерах и прочно приваривается к легочной ткани. Это позволяет избежать сложной операции по резекции пораженной части легкого [1], [15], [21].

Лапароскопическая сварка применяется при спленэктомии, удалении опухолей, надпочечников, кист, краевой резекции печени и легкого. Сварка будет надежной и эффективной, если придерживаться рекомендаций [22].

При сварке удельное давление электродов на ткань должно быть $1,5...2$ Н/мм². Необходимо применять специальные меры для передачи электродам повышенных усилий [23], [24].

Разрезание скальпелем паренхиматозных органов сопровождается повышенными потерями крови, сшивание нитками или скобками неудобно из-за низкой прочности ткани и негерметичности. Резекция органа с одновременным гемостазом при помощи сварки дает герметичный шов при минимальной зоне термического влияния, обеспечивает существенную экономию операционного и шовного материалов, уменьшение времени операции и послеоперационного лечения. Отсутствуют лимфорея, некрозы, отторжения при удалении значительных массивов ткани и органов. Сваркой бескровно удаляют опухоли, кисты, ее применяют в эхинококкэктомии, заварива-

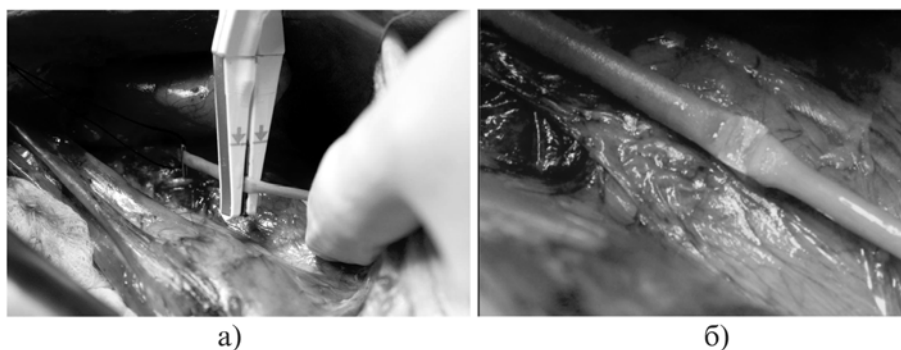


Рис. 1. Сварка артерии (а) и сваренный сосуд (б)

ют ранения легкого и печени, используют при лоскутной пластике дефектов легкого, для лечения эмфиземы [1], [25], [26].

При политравмах сварка позволяет выполнить правила «золотого часа», сократить потери крови, восстановить анатомическую целостность желудочной железы, печени и селезенки [27].

При эндовитриальных операциях в **офтальмологии** используется монополярный инструмент для разрезания, гемостаза, сварки и манипуляций, позволяющий работать без вскрытия глазного яблока (рис. 2). При удалении меланом и гемангиом внутри глаза с его помощью выполняется надежный гемостаз, обеспечивающий условия абластики с сохранением зрения [28]-[30].

По сравнению с лазерной коагуляцией приварка сетчатки к сосудистой оболочке менее травматичная, более быстрая, уменьшается вероятность осложнений [31].

Удаление глазного яблока с последующей сваркой конъюнктивы выполняется специальными инструментами без применения шовного материала. В месте сварки образуется конгломерат из разрушенных тканевых элементов, денатурированных белков, коллагеновых фибрилл, тонкофибриллярного «войлоподобного» материала, заклеивающего раневую поверхность [32], [33].

Сварка используется при резекциях и удалении надпочечников, операциях на щитовидной, поджелудочной и околоушной железах. Сварка уменьшает длительность операций на 30 %, потери крови на 20...50 %, в разы уменьшается количество послеоперационных осложнений [1], [26], [34], [35].

Сварка кишечника – операция более простая и быстрая, чем сшивание. Отсутствие инородного материала способствует уменьшению воспаления и появлению спаек даже при разлитом перитоните. Умеренное коллагенообразование предотвращает излишнее рубцевание [36].

Сварка может применяться для соединения разнородных органов: желчных протоков и тонкой кишки, кишечника и желудка [1], [37], [38].

Технология применения сварки аппендикса проста в использовании. Сварка надежно и герметично перекрывает отросток с созданием антимикробного эффекта [1], [20].

В ИЭС разработаны инструменты для одномоментной сварки кишечника открытым и лапароскопическим способами. В отличие от степлеров, в организме не остаются скобки, шов сохраняет герметичность при большем давлении (рис. 3), технология более простая, чем наложение ниточного шва [1], [8].

В проктологии сваркой осуществляются мобилизация толстой кишки, колэктомия, формирование коло- или илеоанального анастомозов. Выполняется заваривание анальных трещин, свищей прямой кишки, полипэктомия. Технологии лечения геморроя при помощи сварки были разработаны в конце 1990-х годов и сейчас широко распространены во всем мире. Они сокращают длительность операции, пребывание в стационаре, потери крови, послеоперационный болевой синдром [1].

Больные **раком гортани** 3-4 стадий перед операцией проходят курс лучевой терапии, которая ослабляет иммунный статус. Поэтому ниточные швы вызывают нарушение кровоснабжения, миграцию микроорганизмов по нитям, что может привести к гнойным осложнениям; возможны аллергическая реакция организма на чужеродное тело, развитие воспалительных и отеочных изменений ткани, появление свищей. Сварка герметично соединяет ткани, уменьшает болевой синдром и дает возможность создать искусственную голосовую связку (рис. 4) [17], [39].

Для **ЛОР-хирургии** разработаны и запатентованы специальные инструменты для бескровного разрезания, коагуляции и сварки. Они содержат два электрода различной формы, разделенные изоляционной перегородкой. Удаление папиллом, аденоидов, миндалин или уменьшение их размеров происходит бескровно, сокращается время операции, отсутствуют послеоперационные осложнения. При лечении искривления носовой перегородки ее мобилизация выполняется биполярным электроскальпелем, сварка делается пинцетом [1], [16], [40].

Применение сварки при операциях в урологии перспективно для: резекции почки, пиелолитотомии с последующей пластикой почечной лоханки методом электросварки, уретеролитотомии с последующим восстановлением целостности мочеточника наложением сварного шва, наложения уретеро-уретроанастомоза по типу «конец в конец», электросварки продольных сечений стенки мочевого пузыря, пластики моче-

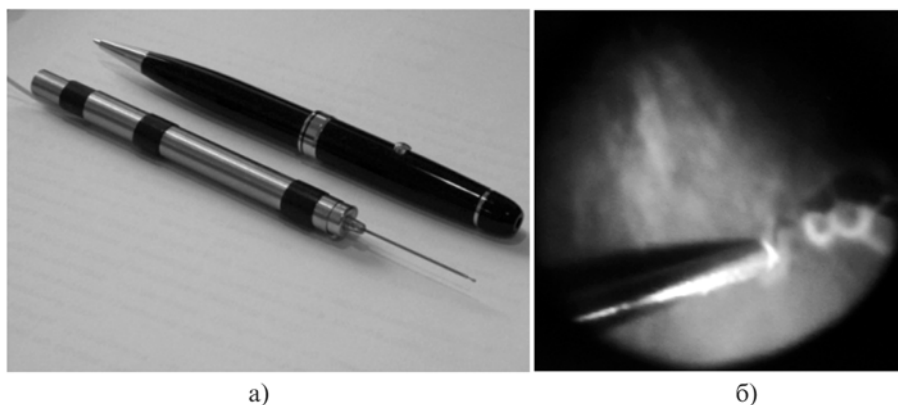


Рис. 2. Монополярный инструмент для операций внутри глаза (а); приваривание сетчатки к сосудистой оболочке глаза (б)

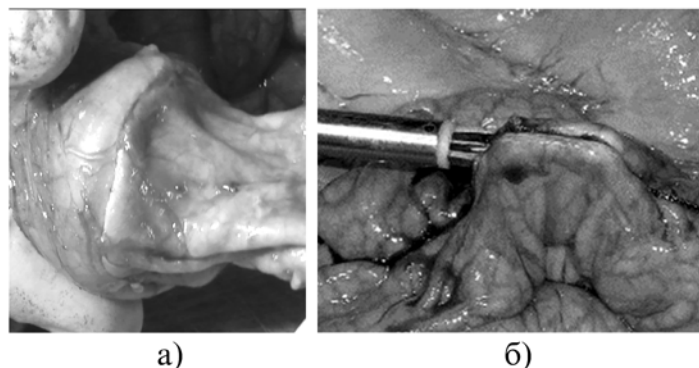


Рис. 3. Одномоментная сварка кишечника: а) сварочный шов «конец в конец»; б) сварка лапароскопическим инструментом кишечника «бок в бок»

вого пузыря сегментом подвздошной кишки, аденомэктомии [1], [41].

При трансплантации органов сварка уменьшает вероятность кровотечения и лимфорей, меньше травмируются ткани, достигается лучшая функция трансплантата [42].

При лечении ожогов лоскуты кожи прикрепляют к раневой поверхности посредством сварки. В **сосудистой хирургии** профилактика тромбозов легочной артерии осуществляется путем перекрытия вен с флотирующим тромбом [1]. При операциях в средостении при помощи сварки уменьшается вероятность повреждения жизненно важных органов. Сварочные биполярные зонды используются для гемостаза после удаления вен при хирургическом лечении варикоэ. Охлаждение физиологическим раствором облегчает движение инструмента и уменьшает повреждения ткани.

Сварка в лечении грыж. Сварка краев брюшины над сетчатым имплантатом – простой, надежный и безопасный способ, при котором нет необходимости дополнительно использовать шовный и фиксирующий материал. Отсутствует нагноение послеоперационной раны, выделения дыма и неприятного запаха [1], [26], [43].

Лапароскопические операции производятся на «сухом» операционном поле. При этом уменьшается продолжительность операции, значительно упрощается ее техника. Уменьшение времени операции и восстановительного периода приводит к уменьшению расходов на лекарственные препараты, в том числе и на наркотические средства [44].

В **ветеринарии** сварка используется в общей хирургии, травматологии, для кастрации и стерилизации животных, сокращая в 3-4 раза время операции, существенно уменьшая потери крови, болевой синдром. Для крупных животных необходимо использовать специальные инструменты и источники питания увеличенных размеров и мощности.

Выводы

Сварка живых тканей сокращает время операции, потери крови, не оставляет инородных тел в организме. Особенно перспективна в тех областях хирургии, где неудобно или невозможно накладывать ниточные швы.

Список литературы:

1. Патон Б.С., Иванова О.Н. Тканесохраняющая высокочастотная электросварочная хирургия. – Киев: Наукова думка, 2009. 200 с.
2. Патон Б.С., Булавин Л.А., Актан О.Ю. та інші. Структурні перетворення колагену при електрозварюванні м'яких біологічних тканин // Доповіді Національної академії наук України. 2010. № 2. С. 94-102.
3. Бондар Г.В., Купрієнко М.В., Волос Л.І. та інші. Високочастотне біологічне зварювання тканин в онкогінекології. – Донецьк: Каштан, 2010. 264 с.

4. Бондарь Г.В., Седаков И.Е., Кобец Р.А. Патоморфоз ткани грудной железы при выполнении радикальных операций с применением высокочастотной электрохирургической сварки // Клінічна хірургія. 2011. № 4. С. 5-8.
5. Paton B.E., Lebedev V.K., Vorona D.S. et al. Bonding of soft biological tissues by passing high frequency electric current therethrough / Patent US 6562037. Publ. May 13, 2003.
6. Патон Б.Е., Лебедев В.К., Лебедев А.В. и др. Способ сварки мягких тканей животных и человека / Патент РФ на изобретение № 2294171. Оpubл. 27.02.2007. Бюл. № 6.
7. Paton B.E., Lebedev V.K., Lebedev A.V. System and method for control of tissue welding / Patent US 6733498. Publ. Aug. 21, 2004.
8. Patton B.E., Lebedev V.K., Furmanov Y.A. et al. Instrument and method for the end-to-end reconnection of intestinal tissues / Patent App. US 2007/0276363 A1. Publ. Nov. 29, 2007.
9. Бойко И.А., Лебедев А.В. Зависимость прочности сваренных кровеносных сосудов от диаметра, толщины и модуля Юнга // Биомедицинская инженерия и электроника. 2014. № 2.
10. Ярова С.О., Лебедев А.В. Математическое моделирование сварки кровеносных сосудов электрохирургическим пинцетом // Биомедицинская инженерия и электроника. 2016. № 1.
11. Явдошко А.С., Лебедев А.В. Моделирование тепловых процессов электрохирургического инструмента в solidworks // Биомедицинская инженерия и электроника. 2018. № 2.
12. Sydorets V., Dubko A. Increase of Efficiency of Electrosurgical Tools for Welding of Live Biological Tissues / 2nd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS-2016), Kyiv, Ukraine, 2016. PP. 236-238.
13. Хойдра К.Ю., Лебедев А.В. Сравнение существующих методов разъединения биологических тканей // Биомедицинская инженерия и электроника. 2016. № 1.
14. Дубко А.Г., Лебедев О.В., Четвертко Н.А. Біполярний пінцет-різак для високочастотної електрохірургії / Патент України 63757. Оpubл. 25.10.2011.
15. Патон Б.С., Лебедев В.К., Лебедев О.В. та інші. Інструмент для біполярної високочастотної коагуляції живих м'яких тканин тварин і людини / Патент України 29797. Оpubл. 25.01.2008.
16. Косаковський А.Л., Семенов Р.Г., Косаківська І.А. Біполярний електроскальпель / Патент України 63049. Оpubл. 10.11.2010. Бюл. № 21.
17. Абизов Р.А., Божко Н.В., Бслоусова А.О., Шкоба Я.В. Тканинозберігаюча високочастотна електрозварювальна технологія в хірургічному лікуванні хворих на рак гортані. – Київ: Нічлава, 2011. 99 с.

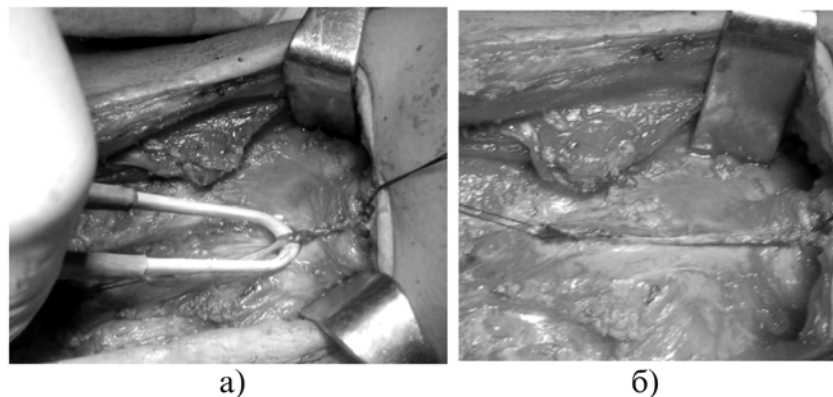


Рис. 4. Сварка глоточно-пищеводного соустья (а); сварочный шов (б)

18. Ничитайло М.Ю., Литвиненко О.М., Гулько О.М. та інші. Метод електрозварювання біологічних тканин в лапароскопічній хірургії // Сучасні медичні технології. 2012. № 4. С. 28-31.
19. Ганжій В.В., Ганжій І.Ю., Байко К.А. Роль новых технологий в симультанных оперативных вмешательствах на органах брюшной полости с использованием SILS методики и генератора автоматической биологической сварки живых мягких тканей // Харківська хірургічна школа. 2015. № 4 (73). С. 159-163.
20. Гринцов А.Г., Совпель О.В., Сало М.Ф. Применение метода биологической сварки в хирургическом лечении острого аппендицита и острого холецистита // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії. 2009. № 9. С. 35-36.
21. Linchevskyy O., Makarov A., Getman V. Lung sealing using the tissue-welding technology in spontaneous pneumothorax // Eur. J. Cardiothorac. Surg. 2010 May. Vol. 37 (5). PP. 1126-1128.
22. Шаповалова Ю.А. Эффективность электрической сварки мягких тканей при гемостазе органов брюшной полости при лапароскопических операциях / Автореферат на соиск. уч. степ. канд. мед. наук: 14.01.17. – Донецк, 2016. 22 с.
23. Кременицкий К.С., Лебедев А.В. Лапароскопический инструмент для сварки живых тканей // Биомедицинская инженерия и электроника. 2018. № 2.
24. Кременицкий К.С., Лебедев А.В. Моделирование лапароскопического инструмента для сварки живых тканей // Биомедицинская инженерия и электроника. 2017. № 4.
25. Бондар Г.В., Седаков И.Е., Борота А.В. и др. Возможности электротермической резекции печени по поводу метастазов колоректального рака // Клиническая онкология. 2011. № 4. С. 26-28.
26. Бабий А.М., Шевченко Б.Ф., Ратчик В.М., Кункин Д.Д. Опыт применения отечественной высокочастотной электросваривающей технологии в хирургическом лечении больных с абдоминальной паталогией // Гастроэнтерология. 2014. № 2 (52). С. 61-68.
27. Горбенко К.В. Эффективность лечения разрывов поджелудочной железы методом электросварки у пациентов с политравмой // Политравма. 2014. № 2. С. 37-41.
28. Уманец Н.Н., Пасечникова Н.В., Вит В.В., Науменко В.А. Особенности проведения витрэктомии с использованием высокочастотной электросварки биологических тканей при резекции гемангиомы сетчатой оболочки у больных с синдромом Гиппель-Линдау // Офтальмологический журнал. 2013. № 6. С. 51-56.
29. Уманец Н.Н., Пасечникова Н.В., Науменко В.А. и др. Эндорезекция меланомы сосудистой оболочки глазного яблока с использованием высокочастотной электросварки биологических тканей // Офтальмологический журнал. 2016. № 4. С. 11-14.
30. Лебедев А.В., Драгомирецкий Н.Я. Метод высокочастотной электросварки биологических тканей в офтальмологии // Биомедицинская инженерия и электроника. 2017. № 4.
31. Уманец Н.Н., Пасечникова Н.В., Думброва Н.Е., Молчанюк Н.И. Ультроструктурные изменения сетчатки и хориоидеи кролика в отдаленные сроки после воздействия различных режимов высокочастотной электросварки биологических тканей // Офтальмология. Восточная Европа. 2014. № 2 (21). С. 98-107.
32. Пасечникова Н.В., Науменко В.А., Думброва Н.Е. и др. Ультроструктурные изменения в тканях орбиты при энуклеации глазного яблока с использованием высокочастотной электросварки биологических тканей // Офтальмологический журнал. 2012. № 6. С. 85-91.
33. Мальцев Е.В., Усов В.Я., Уманец М.М. та інші. Визначення оптимальних параметрів електричного струму при використанні високочастотного електрозварювання біологічних тканин для з'єднання країв хірургічної рани кон'юнктиви // Офтальмологический журнал. 2013. № 3. С. 78-82.
34. Кваченюк А.Н., Супрун И.С., Негриенко К.В. Применение высокочастотной электросварки в хирургии надпочечников // Клінічна хірургія. 2012. № 7. С. 27-29.
35. Антонив В.Р., Шляхтич С.Л., Вовканич А.В. Результаты использования сварочного электрокоагулятора в хирургии щитовидной железы // Хирургия Украины. 2014. № 1. С. 67-72.
36. Бойко В.В., Лелица А.В., Миловидова А.Э. Экспериментальное моделирование сварки мягких биологических тканей в условиях перитонита // Український морфологічний альманах. 2008. Т. 6. № 3. С. 10-13.
37. Фурманов Ю.О., Ничитайло М.Ю., Гуцуляк А.І. Порівняльна характеристика біліодигестивних анастомозів, сформованих із використанням ВЧ-електрозварювання та лігатурним методом в експерименті (патоморфологічне дослідження) // Клінічна та експериментальна патологія. 2016. Т. XV. № 2. Ч. 1. С. 180-185.
38. Подпратов С.Є., Гичка С.Г., Подпратов С.С. та інші. Складові утворення електрозварного з'єднання шлунка та тонкої кишки // Клінічна хірургія. 2017. № 2. С. 57-58.
39. Абилов Р.А., Онищенко Ю.І., Ромась О.Ю. Роль електротермоадгезії в утворенні штучної голосової складки, покращанні якості голосу при хордектомії з приводу раку гортані // Клінічна хірургія. 2013. № 2. С. 77.
40. Косаковская И.А., Косаковский А.Л. Применение биполярных электроинструментов при хирургических вмешательствах в детской оториноларингологии // Вестник оториноларингологии. 2012. № 1. С. 28-30.
41. Головкин С.В., Фурманов Ю.О., Гутверт Р.В. Экспериментальная разработка методов сварки мочевого пузыря // Харківська хірургічна школа. 2012. № 4 (55). С. 43-45.
42. Никоненко А.С., Поляков Н.Н., Сушко Ю.В. Опыт применения метода высокочастотного электросваривания тканей в трансплантации почки // Сучасні медичні технології. 2013. № 4. С. 74-77.
43. Паламарчук В.И., Крестьянов Н.Е., Лысенко В.Н. и др. Трансбдоминальная преперитонеальная базфиксная и бесшовная паховая грыжа с методом сварки живых биологических тканей // Хирургия Украины. 2015. № 2. С. 14-17.
44. Борота А.В., Гринцов А.Г., Совпель О.В., Шаповалова Ю.А. Сварочные технологии в лапароскопической фундопликации по поводу диафрагмальных грыж // Вісник української медичної стоматологічної академії. 2013. Т. 13. Вип. 1 (41). С. 9-11.

Алексей Владимирович Лебедев,
д-р техн. наук, профессор,
Киевский политехнический университет
им. И.И. Сикорского,
Андрей Григорьевич Дубко,
канд. техн. наук, ст. научный сотрудник,
Институт электросварки им. Е.О. Патона
НАН Украины,
г. Киев, Украина,
e-mail: biowelding@gmail.com