

УДК 617-7

КОНТАКТНЕ ЗВАРЮВАННЯ ПАРЕНХІМАТОЗНИХ ОРГАНІВ (ОГЛЯД)

Попов Станіслав Володимирович

meastrojoshi@gmail.com

Лебедев Олексій Володимирович

biowelding@gmail.com

Кафедра біомедичної інженерії

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут Імені Ігоря Сікорського»

м. Київ, Україна

Анотація – У сучасній хірургії все більшої популярності набувають мінімально інвазивні методи, спрямовані на зменшення травматичності та прискорення відновлення пацієнтів. Розрізання традиційними методами паренхіматозних органів супроводжується підвищеними втратами крові, зшивання нитками або скобами незручно через низьку міцність тканини і низьку герметичність. Високочастотне електрозварювання живих тканин, в свою чергу, пропонує значне зменшення крововтрати, скорочення часу операції та зниження ризику післяопераційних ускладнень. Тоже створення роботи яка б систематизувала інформацію про застосування даного типу зварювання сприяла б збільшенню його застосування у медичній практиці та прискоренню досліджень науковців у цій сфері. Метою цієї статті є надати всебічний огляд сучасного методу високочастотного електрозварювання паренхіматозних органів, проаналізувати їхні переваги та недоліки, порівняти з іншими методами резекції, а також визначити сфери їх ефективного застосування. Робота спрямована на допомогу дослідникам та практикам для стимулювання подальших досліджень у цій галузі. Для досягнення поставленої мети було зібрано інформацію з наукових статей, які висвітлювали проведені операції на паренхіматозних органах людей та тварин. Далі було проведено систематичний огляд та мета-аналіз для оброблення результатів, висвітлених в науковій літературі. В результаті було показано, що високочастотне електрозварювання забезпечує більш точне та герметичне з'єднання судин, що мінімізує ризик кровотеч, скорочує загальну тривалість операції, створює меншу зону некрозу тканин порівняно з іншими методами та не потребує використання швів або скоб. Тож, враховуючи перелічені переваги методу високочастотного електрозварювання є перспективною технологією для застосування в торакальній, абдомінальній хірургії та урології. Однак, для більш широкого застосування цього методу необхідні подальші дослідження, спрямовані на оптимізацію техніки, розширення показань та оцінку довгострокових результатів.

Ключові слова: зварювання, колоректальна хірургія, методи хірургії, торакальна хірургія, урологія.

I. ВСТУП

Розрізання скальпелем паренхіматозних органів супроводжується підвищеними втратами крові, зшивання нитками або скобами незручно через низьку міцність тканини і низьку герметичність [1].

Сучасна хірургія постійно розвивається, шукаючи нові методи, які б дозволяли зменшити травматичність операцій, скоротити час перебування пацієнта в стаціонарі та покращити результати лікування. Одним із таких перспективних методів є високочастотне зварювання живої тканини (ВЗЖТ). Ця технологія, заснована на використанні високочастотного струму для з'єднання тканин, за останні роки привернула значну увагу дослідників.

ВЗЖТ демонструє значний потенціал у різних областях хірургії, зокрема в торакальній хірургії. Ряд дослідників, такі як

Білоконь, Лінчевський та Хмель, продемонстрували ефективність ВЗЖТ при лікуванні різних захворювань легень, включаючи пухлини та спонтанний пневмоторакс. Автори цих досліджень відзначають значне зменшення крововтрати, скорочення часу операції та зниження ризику післяопераційних ускладнень при використанні ВЗЖТ.

Застосування ВЗЖТ рекомендовано для виконання хірургічних операцій в загальній та абдомінальній хірургії, травматології, пульмонології, проктології, урології, мамології, оториноларингології, гінекології, офтальмології та ін.

II. МЕТА РОБОТИ

Мета цієї статті – надати всебічний огляд сучасного методу високочастотного електрозварювання паренхіматозних органів, проаналізувати їхні переваги та

недоліки, порівняти з іншими методами резекції паренхіматозних органів. Робота спрямована на допомогу дослідникам та практикам для стимулювання подальших досліджень у цій галузі.

III. МЕТОД ЗВАРЮВАННЯ ЖИВИХ ТКАНИН

Суть методу ВЗЖТ полягає в тому, що дві частини тканини із зусиллям від 2 до 6 Н/мм² стискаються двома електродами з наступним нагріванням протіканням електричного струму за прикладеної напруги від 60 до 180 В частотою 66 або 440 кГц з модуляцією з тривалістю пульсацій 0,1-0,5 с [2]. Під дією високочастотного електричного струму в живих тканинах зафіксовано такі структурні зміни на молекулярному та наноструктурному рівнях [3]:

- під час ВЗЖТ відбувається термічна денатурація глобулярних білків;
- підвищення температури спричиняє структурний перехід від глобул до молекул, у результаті чого утворюються речовини, близькі за своїми характеристиками до клею;
- наявність клеєподібних речовин дозволяє отримати надійне з'єднання м'яких живих тканин.

Згодом формується зварне з'єднання двох ділянок тканини, як показано на рис. 1.

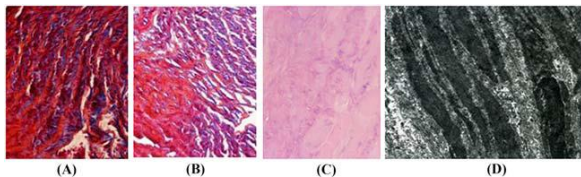


Рис. 1. Зміни структури в стінці артерії під час її перекриття зварюванням: (А) переорієнтація електропровідних структур уздовж напрямку протікання струму, а непровідних — впоперек; (В) утворення тріщин і брижів; (С, D) зближення і зварювання провідних структур з утворенням однорідної маси — зварного з'єднання [2].

Для електрозварювальних резекцій переважно використовується ЕК-300М1, розроблений Інститутом електрозварювання імені Патона НАН України у 2007-2008 рр, що показаний на рис. 2.



Рис. 2. Апарат ЕК-300М1 для зварювання живих м'яких тканин [4].

Апарат має функції зварювання, різання та коагуляції, працює на частоті 66 та 440 кГц. Напруга з електричної мережі, надходячи в блок приладу, перетворює змінну напругу в постійну, потім вихідна напруга перетворюється інвертором у високочастотне, трансформується і передається по кабелю на спеціальний зварювальний інструмент. В результаті ЕК-300М1 виконує чотири функції: автоматичне електрозварювання, запаювання кровоносних судин, високочастотне електрозварювання великих мас живої тканини, розрізання тканини з одночасним перекриттям кровоносних судин. Загальним принципом роботи безшовного електрозварювального апарату є проходження електричного струму високої та низької напруги між хірургічними інструментами, що забезпечує зварювальний і коагуляційний ефекти. Починаючи з 25 секунди, до точки подачі енергії додається фізіологічний розчин. Це призводить до впорядкування протікання струму, зменшення опору і збільшення ефективної вхідної потужності в 4-5 разів. Одним з основних видів операцій, які проводяться за допомогою ВЗЖТ, є атипова резекція легень при первинних пухлинах [3].

IV. ОГЛЯД ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Білоконь та співавтори продемонстрували у своєму ретроспективному дослідженні проведені операцій з хірургічного лікування дитячих пухлин легень потенційні переваги ВЗЖТ. Автори виявили, що ВЗЖТ можна ефективно використовувати для різних хірургічних процедур, включаючи лобектомію, пневмонектомію та бронхопластику, з

мінімальною крововтратою, скороченим часом операції та меншою кількістю ускладнень. Ця інноваційна техніка пропонує багатообіцяючу альтернативу традиційним хірургічним методам, особливо в складних випадках доброякісних, злоякісних і метастатичних пухлин (рис. 3) [3].

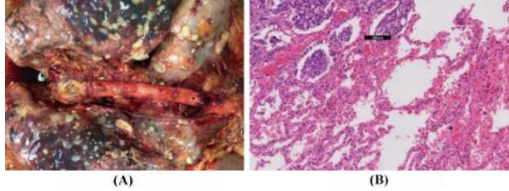


Рис. 3. А - метастатичне ураження легень і діафрагми. В - мікропрепарат легеневої тканини: метастатичне ураження легень [5]

Однією з ключових переваг ВЗЖТ є його здатність з високою точністю заклеювати кровоносні судини та легеневу тканину, мінімізуючи крововтрату та знижуючи ризик післяопераційних ускладнень. Крім того, ВЗЖТ дозволяє точніше розсікати пухлину з навколишніх тканин, що потенційно призводить до кращих результатів хірургічного втручання. Проте необхідні подальші дослідження, щоб повністю зрозуміти довгострокові переваги та потенційні обмеження ВЗЖТ у педіатричній хірургії пухлин легень [3].

Лінчевський та співавтори представили хірургічну техніку лікування спонтанного пневмотораксу. Автори використовували ВЗЖТ для запечаткування легеневої тканини в нерезекційній процедурі, уникаючи необхідності традиційних хірургічних методів, таких як клиноподібна резекція. Було прооперовано 133 пацієнти з первинним спонтанним пневмотораксом за цією методикою. Дослідження продемонструвало ефективність ВЗЖТ у пломбуванні булл (рис. 4) та досягненні успішного пломбування легенів, мінімальної кількості післяопераційних ускладнень, низької частоти рецидивів - лише сім рецидивів спостерігалось у 133 пацієнтів (5,2%), короткого часу операції - менше 65 хвилин та мінімального післяопераційного витоку повітря. Автори дійшли висновку, що ВЗЖТ є цінною альтернативою звичайним хірургічним підходам до лікування спонтанного пневмотораксу [6].



Рис. 4. Вигляд бульозної ділянки легені після обробки зварюванням. (На задньому плані – необроблена булла) [7]

Хмель та співавтори продемонстрували значний потенціал ВЗЖТ у хірургічному лікуванні туберкульозу легень. Автори порівняли ефективність ВЗЖТ з традиційним механічним швом під час резекції легені у пацієнтів з деструктивними формами туберкульозу. Результати дослідження показали, що використання ВЗЖТ призвело до значного скорочення тривалості післяопераційного періоду, зменшення кількості ускладнень та прискорення регенерації легеневої тканини. Ці результати свідчать про те, що ВЗЖТ може бути перспективним методом у торакальній хірургії, оскільки забезпечує більш швидке відновлення пацієнтів та покращує загальні результати лікування [7].

Одним з ключових переваг ВЗЖТ, виявлених у дослідженні, є більш швидке зменшення післяопераційної ексудації. Це свідчить про кращу герметизацію зварювального шва порівняно з механічним. Крім того, ВЗЖТ дозволяє зменшити ризик розвитку післяопераційних ускладнень, таких як кровотечі та інфекції. Ці фактори сприяють скороченню загальної тривалості госпіталізації та покращують якість життя пацієнтів після операції. Однак, для більш повного розуміння переваг та обмежень високочастотного електрозварювання необхідні подальші дослідження, які дозволять оцінити довгострокові результати застосування цього методу та порівняти його з іншими сучасними хірургічними техніками [8].

Бондар та співавтори досліджували застосування електрозварювального генератора м'яких тканин при резекції печінки при колоректальному метастатичному раку. Автори провели ретроспективний аналіз 33 резекцій печінки

та 26 крайових біопсій печінки (рис. 5), виконаних у Донецькому обласному протипухлинному центрі. Дослідження продемонструвало значне скорочення крововтрати та часу розсічення паренхіми при використанні зварювального генератора порівняно з традиційною біполярною коагуляцією. Жодних ускладнень, пов'язаних із цією технікою, не спостерігалося, а середні показники виживаності після резекції печінки були порівнянними з тими, про які повідомлялося в попередніх дослідженнях. Ці висновки свідчать про те, що електрозварювальний генератор для м'яких тканин є перспективним і безпечним хірургічним інструментом для резекції печінки у пацієнтів з колоректальним метастатичним раком [9].



Рис. 5. Крайова біопсія печінки з використанням EK-300M1 [9]

Тернавський досліджував вплив трьох методів високоенергетичної коагуляції на паренхіму печінки (рис. 6) після резекції: конвекційно-інфрачервоної термохірургічної технології за температурного режиму 600°C, біполярної електрокоагуляції та ВЗЖТ в групі з 25 кроликів. Це гістологічне дослідження показало, що ВЗЖТ займає проміжне місце за рівнем травматичності. Воно є дещо більш травматичним, ніж конвекційно-інфрачервона термохірургічна технологія, але набагато менш травматичним, ніж біполярна електрокоагуляція [10].

Згідно з цим дослідженням, метод демонструє високу ефективність у досягненні гемостазу під час операцій на печінці. Однак, разом з тим, метод характеризується впливом на навколишні тканини. Зокрема, формується значна зона дезагрегації/дезінтеграції тканин, що може

негативно вплинути на процес загоєння рани та функцію органу [10].

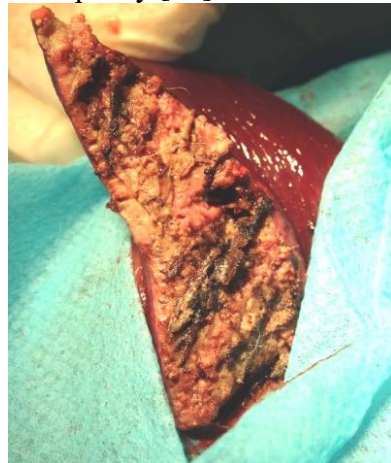


Рис. 6. Вигляд резекційної поверхні печінки, коагульованої високочастотним електрозварюванням біологічних тканин [10]

Шапрінський та співавтори представив ретроспективний аналіз 79 пацієнтів з ехінококкозом печінки, які отримували лікування в період з січня 2011 по січень 2022 року. Дослідження вивчало ефективність різних хірургічних підходів, включаючи перицистектомію, резекцію сегмента печінки та лапароскопічну ехінококектомію (рис. 7), у лікуванні як неускладнених, так і ускладнених форм захворювання. Електрозварювальним апаратом EK-300M™ «Свармед» (рис. 8) обробили внутрішню поверхню ехінококових кіст після цистотомії. Це робили в тих випадках, коли вміст кісти не вдалося видалити пункцією через obturaцію просвіту голки фрагментами хітинової оболонки. Зварювальний електрокоагулятор допоміг досягти гемостазу та запобігти кровотечі під час процедури [11].

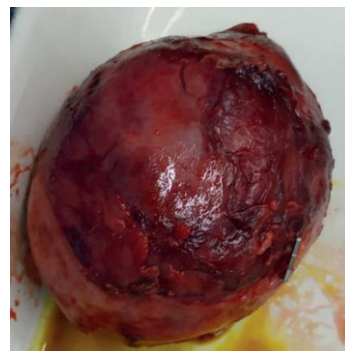


Рис. 7. Загальний вигляд ехінококової кісти [11]



Рис. 8. Апарат EK-300M™ «Свармед» для зварювання живих тканин [12]

Шевчук та співавтори досліджували ефективність електрокоагуляції (ЕК) у лікуванні пошкоджень нирок у дітей. Комбінуючи лапароскопію з ЕК, автори продемонстрували багатообіцяючий підхід до мінімально інвазивної органозберігаючої хірургії. Ця методика значно скоротила тривалість операції та крововтрату порівняно з традиційними методами. Створюючи водонепроникне ущільнення, ЕК ефективно контролювала кровотечу під час відновлення нирок. Незважаючи на те, що дослідження показало обнадійливі результати, необхідні більш масштабні, довгострокові подальші дослідження, щоб повністю оцінити довговічність ушкоджень нирок після ЕК-репарації та їх вплив на довгострокову функцію нирок. Інтеграція ЕК в педіатричну урологічну хірургію є значним прогресом у лікуванні травматичних ушкоджень нирок, пропонуючи менш інвазивний і потенційно більш ефективний варіант лікування [13].

Кудряшова та співавтори продемонстрували значний внесок у розвиток органозберігаючої хірургії нирки, особливо у контексті застосування електротермічної резекції. Автори підкреслюють зростаючу роль мінімально інвазивних втручань у лікуванні раку нирки та акцентують увагу на проблемі гемостазу, яка є ключовою у таких операціях. У дослідженні детально описаний досвід використання електрозварювального комплексу ЕКВЗ-300™ «Патонмед» (рис. 9) для досягнення надійного гемостазу під час резекції нирки. Результати дослідження свідчать про високу ефективність та безпеку даного методу, який дозволяє скоротити крововтрату, час операції та знизити ризик післяопераційних ускладнень. Таким чином, застосування електротермічної резекції, доповненої використанням

електрозварювального комплексу, є перспективним підходом в онкоурології, що сприяє поліпшенню результатів хірургічного лікування раку нирки та підвищенню якості життя пацієнтів [14].



Рис. 9. Апарат ЕКВЗ-300™ «Патонмед» для зварювання живих тканин [15]

Никоненко та співавтори представили цінний внесок у вивчення застосування ВЗЖТ у трансплантації нирок. Автори продемонстрували ефективність даного методу у зниженні крововтрати, скороченні тривалості операції та покращенні ранніх результатів трансплантації. Незважаючи на деякі обмеження, пов'язані з формуванням лімфоцеле, метод показав свою перспективність як додатковий інструмент хірургічної техніки. Результати дослідження свідчать про можливість використання ВЗЖТ для підвищення безпеки та ефективності трансплантації нирки, що відкриває нові перспективи розвитку трансплантології [16].

Продовження роботи Никоненко над дослідженням з ВЗЖТ при трансплантації нирки внесло значний вклад у розробку ефективних методів профілактики лімфоцеле. Автори продемонстрували високу ефективність використання ВЗЖТ у поєднанні з лігуванням лімфатичних судин. Застосування цієї методики дозволило досягти значного зниження частоти розвитку лімфоцеле у реципієнтів трансплантатів. Автори підкреслюють, що ВЗЖТ забезпечує більш надійне закриття лімфатичних судин порівняно з традиційним лігуванням, знижуючи ризик їхньої перфорації та розвитку лімфореї. Таким чином, дане дослідження підтверджує перспективність використання ВЗЖТ як ефективного методу профілактики лімфоцеле у трансплантаційній хірургії [17].

VII. ВИСНОВКИ

ВЗЖТ є перспективною технологією для застосування в хірургії паренхіматозних органів. Цей метод дозволяє досягти:

- зменшення крововтрати: ВЗЖТ забезпечує більш точне та герметичне зварювання судин, що значно знижує ризик кровотечі порівняно з біполярною коагуляцією, яка може призводити до неповного коагуляції та повторних кровотеч;

- відсутність чужорідних тіл в зоні шва: на відміну від механічного шва, який може травмувати тканини та призводити до просочування крові, ВЗЖТ створює міцне з'єднання без необхідності проколювання тканин голкою чи скобами;

- скорочення часу операції: ВЗЖТ дозволяє швидше досягти гемостазу та з'єднання тканин, що скорочує загальний час операції порівняно з поетапним накладанням швів або використанням гемостатичних губок;

- зменшення травматичності: ВЗЖТ створює меншу зону некрозу тканин порівняно з біполярною коагуляцією, яка може призводити до більш вираженого пошкодження тканин;

- збільшення точності: ВЗЖТ дозволяє хірургу працювати з більшою точністю, особливо при операціях на органах з складною анатомією, таких як печінка. Це пов'язано з тим, що зварювання здійснюється за допомогою спеціального інструменту, який забезпечує стабільність та точність рухів.

Однак, для більш широкого застосування ВЗЖТ необхідні подальші дослідження, спрямовані на оптимізацію техніки, розширення показань та оцінку довгострокових результатів.

Фінансування. Дане дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Згода на публікацію. Усі автори, що мають відношення до рукопису дали згоду на публікацію даної роботи.

ORCID ID та внесок авторів:

0000-0003-1518-6824 (B,C,E) *Popov Stanislav*

0000-0002-8692-6677 (A,D,F) *Lebedev Alexei*

A - Ідея дослідження проведених операцій з високочастотного електрозварювання паренхіматозних органів, B - Формулювання цілей і завдань дослідження, C - Проведення дослідження, D - Координація дослідницької діяльності, E - Формування статті, F - Рецензування роботи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Патон Б., Іванова О. Тканинозберігаюча високочастотна електрозварювальна хірургія : атлас. Київ : Наук. думка, 2009. 200 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/303984211_TKANE_SOHRANAUSAA_VYSOKOCASTOTNAA_ELEKTROSVAROCNA_HIRURGIYA.
2. Krivtsun I, Kvasnytskyi V, Maksimov S. Welding of Metallic Materials. Leicester: Elsevier; 2023. Welding in medicine applications; p. 399-429. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323905527000080>.
3. Bilokon OV, Shaida EV, Sokur PP, Kravchuk BO. New Approaches to the Surgical Treatment of Lung and Bronchial Tumors in Children. Int J Biol Biomed Eng. 2021;15:311-7. DOI: <https://doi.org/10.46300/91011.2021.15.37>.
4. Патон Б. Зварювання та споріднені технології в медицині. Зварювання та споріднені технології. 2018;(11):13-28. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/100034/02-Paton.pdf?sequence=1>.
5. Яковенко О, Морочковський Р, Грифф С. Метастатичне ураження легень: клінічний випадок внутрішньопечінкової холангіокарциноми, асоційованої з цирозом та HBV- і HCV-інфекцією. Клін. імунологія Аллергологія Інфектологія. 2019;8(121):38-44. URL: [https://kiai.com.ua/uploads/issues/2019/8\(121\)/kiai19_8_38-44_4b43c5f3a16aa436584507c097048891.pdf](https://kiai.com.ua/uploads/issues/2019/8(121)/kiai19_8_38-44_4b43c5f3a16aa436584507c097048891.pdf).
6. Linchevskyy O, Makarov A, Getman V. Lung sealing using the tissue-welding technology in spontaneous pneumothorax. Eur J Cardio Thorac Surg. 2010;37(5):1126-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.11.017>.
7. Лінчевський О. Діагностика та лікування спонтанного пневмотораксу [дисертація]. Київ: Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л.Шупика; 2009. 120 с.
8. Khmel OV, Kalabukha IA, Maetnyi YN, Ivaschenko VE, Voloshin YM, Veremeenko RA. Use of live tissue welding technology in lung resection in patients with tuberculosis. Ukr Pulmonol J. 2019;103(1):41-3. DOI: <https://doi.org/10.31215/2306-4927-2019-103-1-41-43>.
9. Бондар Г. Можливості електротермічної резекції печінки при метастазах колоректального раку. Клін. онкологія. 2011;4(4):26-8. URL: <https://www.clinicaloncology.com.ua/wp/wp-content/uploads/2011/11/841.pdf>.
10. Ternavskiy OP. Investigation of the effect of coagulation with high-energy methods of hemostasis implementation on the resected liver surface (experimental research). Medicni Perspekt (Med Perspect). 2018;23(3):78-83. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2018.3.147961>.
11. Shaprin'skiy V, Verba A, Formanchuk T, Formanchuk A, Chernychenko O. Surgical treatment of echinococcosis of the liver and its complications. Wiadomosci Lek. 2022;75(1):244-58. DOI: <https://doi.org/10.36740/wlek202201217>.

12. Свармед. URL: <https://www.svarmed.ua/> (дата звернення 02.10.2024)
13. Шевчук ДВ. Використання електрозварювання живих м'яких тканин при закритому пошкодженні нирок у дітей. Репозитарій НУОЗ України ім. П. Л. Шупика. 2014. URL: <http://lib.inmeds.com.ua:8080/jspui/handle/lib/1009>.
14. Кудряшов АГ. Можливості електротермічної резекції нирки в онкоурології. Архів клін. та експерим. медицини. 2013;22(1):65-8. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&S21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=akiem_2013_22_1_19.
15. Апарати. Патонмед. URL: <http://patonmed.com.ua/uk/aparati> (дата звернення 02.10.2024).
16. Никоненко О. С., Поляков М. М., Сушко Ю. В. Досвід застосування методу високочастотного електрозварювання тканин у трансплантації нирки. Сучасні мед. технології. 2013;4:74-77. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Smt_2013_4_17.pdf.
17. Никоненко А. О., Русанов І. В., Вільданов С. Р. Хірургічна профілактика лімфоцеле при трансплантації нирки. Клін. хірургія. 2016;11:36-38. URL: http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/16844/1/KIKh_2016_11_12.pdf.
6. Linchevskyy O, Makarov A, Getman V. Lung sealing using the tissue-welding technology in spontaneous pneumothorax. Eur J Cardio Thorac Surg. 2010;37(5):1126-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.11.017>.
7. Linchevskyy O. Diagnosis and treatment of spontaneous pneumothorax [dissertation]. Kyiv: P. L. Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education; 2009. 120 с (ukrainian).
8. Khmel OV, Kalabukha IA, Maetnyi YN, Ivaschenko VE, Voloshin YM, Veremeenko RA. Use of live tissue welding technology in lung resection in patients with tuberculosis. Ukr Pulmonol J. 2019;103(1):41-3. DOI: <https://doi.org/10.31215/2306-4927-2019-103-1-41-43>.
9. Bondar G. Possibilities of electrothermal resection of the liver in colorectal cancer metastases. Clinical oncology. 2011;4(4):26-8. URL: <https://www.clinicaloncology.com.ua/wp/wp-content/uploads/2011/11/841.pdf> (ukrainian).
10. Ternavskiy OP. Investigation of the effect of coagulation with high-energy methods of hemostasis implementation on the resected liver surface (experimental research). Medicni Perspekt (Med Perspect). 2018;23(3):78-83. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2018.3.147961>.
11. Shapirnskiy V, Verba A, Formanchuk T, Formanchuk A, Chernychenko O. Surgical treatment of echinococcosis of the liver and its complications. Wiadomosci Lek. 2022;75(1):244-58. DOI: <https://doi.org/10.36740/wlek202201217>.
12. Svarmed. URL: <https://www.svarmed.ua/> (access date 02.10.2024).
13. Shevchuk DV. The use of electric welding of living soft tissues in closed kidney damage in children. Repository of the P. L. Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education. 2014. URL: <http://lib.inmeds.com.ua:8080/jspui/handle/lib/1009> (ukrainian).
14. Kudryashov AG. Possibilities of electrothermal kidney resection in oncurology. Archive of the clinical and experim. medicine. 2013;22(1):65-8. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&S21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=akiem_2013_22_1_19 (ukrainian).
15. Апарати. Патонмед. URL: <http://patonmed.com.ua/uk/aparati> (access date 02.10.2024).
16. Никоненко О. С., Поляков М. М., Сушко Ю. В. Experience of using the method of high-frequency electrical welding of tissues in kidney transplantation. Modern med. technologies. 2013;4:74-77. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Smt_2013_4_17.pdf (ukrainian).
17. Никоненко А. О., Русанов І. В., Вільданов С. Р. Surgical prevention of lymphocele during kidney transplantation. Clinical surgery. 2016;11:36-38. URL: http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/16844/1/KIKh_2016_11_12.pdf (ukrainian).

REFERENCES

UDC 617-7

CONTACT WELDING OF PARENCHYMATOUS ORGANS (OVERVIEW)

Stanislav Popov,
meastrojoshi@gmail.com

Oleksiy Lebedev,
biowelding@gmail.com

Department of Biomedical Engineering
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”
Kyiv, Ukraine

Abstract – *In modern surgery, minimally invasive methods aimed at reducing trauma and speeding up the recovery of patients are gaining more and more popularity. Cutting of parenchymal organs by traditional methods is accompanied by increased blood loss, suturing with threads or staples is inconvenient due to low tissue strength and low tightness. High-frequency electric welding of living tissues, in turn, offers a significant reduction in blood loss, shortening the operation time and reducing the risk of postoperative complications. Therefore, the creation of a work that would systematize information about the use of this type of welding would contribute to increasing its use in medical practice and accelerating the research of scientists in this field. The purpose of this article is to provide a comprehensive overview of the modern method of high-frequency electric welding of parenchymal organs, analyze their advantages and disadvantages, compare them with other resection methods, and also determine the areas of their effective application. The work is aimed at helping researchers and practitioners to stimulate further research in this field. To achieve the goal, information was collected from scientific articles that highlighted the operations performed on the parenchymal organs of humans and animals. Next, a systematic review and meta-analysis was conducted to process the results highlighted in the scientific literature. As a result, it was shown that high-frequency electric welding provides a more precise and hermetic connection of vessels, which minimizes the risk of bleeding, shortens the total duration of the operation, creates a smaller zone of tissue necrosis compared to other methods, and does not require the use of sutures or staples. Therefore, taking into account the listed advantages, the method of high-frequency electric welding is a promising technology for use in thoracic, abdominal surgery and urology. However, for a wider application of this method, further studies aimed at optimizing the technique, expanding the indications and evaluating the long-term results are needed.*

Keywords: *colorectal surgery, surgery methods, thoracic surgery, urology, welding*