

DOI: [https://doi.org/10.34287/MMT.4\(43\).2019.12](https://doi.org/10.34287/MMT.4(43).2019.12)С. С. Подпратов^{1,2}, С. Є. Подпратов^{1,2}, Г. С. Маринський³, О. В. Чернець³, В. А. Ткаченко³,
Д. А. Грабовський³, К. Г. Лопаткіна³, С. В. Ткаченко³, Ю. З. Буряк³, В. К. Сердюк³¹Київський міський центр електрозварювальної хірургії

Київ, Україна

²Київська міська клінічна лікарня № 1

Київ, Україна

³Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України

Київ, Україна

S. S. Podpriatov^{1,2}, S. E. Podpriatov^{1,2}, G. S. Marynskyi³, O. V. Chernets³, V. A. Tkachenko³,
D. A. Grabovsky³, K. G. Lopatkina³, S. V. Tkachenko³, Y. Z. Buryak³, V. K. Serdyuk³¹Clinical research centre of bonding/welding surgery and new surgical technologies

Kyiv, Ukraine

²Kyiv municipal hospital clinic № 1

Kyiv, Ukraine

³E. O. Paton Electric welding institute of National Academy of Science of Ukraine

Kyiv, Ukraine

СУЧАСНІ ДОСЯГНЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОЗВАРНИХ АНАСТОМОЗІВ

The achievements and perspective trends of electrically welded anastomosis

Резюме

В наших попередніх дослідженнях встановлені відмінні якості електрозварних анастомозів, створених з використанням інструментів, придатних для відкритої хірургії.

Мета дослідження. Визначити перспективні напрями досліджень в галузі створення лапароскопічних інструментів для накладання інтракорпоральних електрозварних міжкишкових анастомозів.

Матеріали та методи. З використанням повнорозмірного свинячого органокомплексу, в лабораторних умовах на дослідному стенді, проведені дослідження міцності з'єднання стінок кишки, з моделюванням розмірів та стиснення електродної частини хірургічного інструменту для двох варіантів введення: через просвіт кишки (традиційний інструмент), або через лапароскопічний порт. Використовували амплітуду змінної напруги від 200 до 500 В, частоту 466 кГц. Використовували такі розміри поверхні електродів: 217 мм² для традиційного, та 45–54 мм² для лапароскопічного. У 160 пробах прикладали ззовні до електродів тиск від 1,0 до 3,0 Н/мм² (1,0–3,0 × 10⁴ Па).

Результати. При дослідженні з моделлю електродів для ТІ при зварюванні фрагментів тонкої кишки температура на них впродовж

Abstract

In result of previous studies, we found the superior qualities of electro-welded intestinal anastomoses had created by using tools and models are suitable for open surgery.

Purpose of the study. Was to identify promising research trends according to laparoscopic instruments usage for creating electro-welded intestinal anastomoses inside abdomen.

Material and methods. Using a full-size porcine organo-complex, special laboratory tests at the bench, the 160 probes were provided. Initially the pressure of 1,0 to 2,0 N/mm² (1,0–2,0 × 10⁴ PA) was applied externally to the electrodes. The electrode surface sizes were: 75 mm² mm for conventional and 30 mm² for laparoscopic models. Then, using AC amplitude from 200 to 500 V, frequency 466 kHz, intestinal or colon walls' anastomosis was created. Next the connection strength of the walls was studied by hydrostatic pressure.

Results. During the small intestine fragments welding, using the model of conventional electrodes, that's peak temperature was 83,7 ± 8,7 °C, during the colon welding – 75,1 ± 11,1 °C. The burst pressure of anastomoses were 5,5 ± 1,1 kPa, 4,7 ± 0,9 kPa, respectively.

During the small intestine fragments welding,

зварювання склала $83,7 \pm 8,7$ °C, товстої кишки – $75,1 \pm 11,1$ °C. При цьому розривна міцність з'єднання склала $5,5 \pm 1,1$ кПа, $4,7 \pm 0,9$ кПа відповідно.

При дослідженні з моделюванням електродів для лапароскопічного порту при зварюванні фрагментів тонкої кишки, температура на них впродовж електрозварювання склала $83,1 \pm 7,3$ °C, товстої кишки – $78,8 \pm 9,1$ °C. При цьому розривна міцність з'єднання склала $6,1 \pm 1,2$ кПа, $5,0 \pm 1,2$ кПа відповідно.

Висновки. Перспективним для створення інтракорпорального міжкишкового анастомозу з використанням модифікованого апарату-джерела живлення Патонмед ЕКВЗ-300 та лапароскопічних інструментів є зменшення площі електродів та модифікація параметрів електрозварних імпульсів.

Ключові слова: електрозварювання, анастомоз, лапароскопічний, Патонмед, кишковий, органокомплекс.

using the model of laparoscopic electrodes, that's peak temperature was $83,1 \pm 7,3$ °C, during the colon welding – $78,8 \pm 9,1$ °C. Burst pressure of anastomoses were $6,1 \pm 1,2$ kPa, $5,0 \pm 1,2$ kPa, respectively.

Conclusions. The possible way to intracorporeal intestinal anastomosis creation, by using the modified Patonmed EKVZ-300 power source with laparoscopic instruments, is a reduction of electrode's area and modifying the impulses' parameters.

Keywords: electric welding, anastomosis, laparoscopic, Patonmed, intestinal, organ complex.

ВСТУП

Лапароскопічний спосіб виконання оперативних втручань набув значного поширення в загальній, бариатричній, колоректальній хірургії, хірургії травми та гриж [1–5]. Лапароскопічний спосіб встановлений, як процедура першого вибору для лікування операбельного колоректального раку [3]. Ефективність втручання, здійсненого з використанням лапароскопічного методу, співставна з ефективністю відкритих втручань [6, 7].

Складовою більшості операцій є резекція ділянки шлунку та/або кишечника, з подальшим створенням кукси, резервуару або формуванням анастомозу, яке може відбуватись з використанням лапароскопічних інструментів [8].

В наших попередніх дослідженнях встановлені відмінні якості електрозварних анастомозів, створених з використанням інструментів, придатних для відкритої хірургії [9, 10].

Можливість накладення електрозварних анастомозів з інструментом, придатним для ендоскопічної хірургії, поки що не з'ясована.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначити перспективні напрями досліджень в галузі створення лапароскопічних інструментів для накладання інтракорпоральних електрозварних міжкишкових анастомозів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

З використанням повнорозмірного свинячого органокомплексу, в лабораторних умовах на дослідному стенді, проведені дослідження міцності з'єднання стінок кишки, з моделюванням розмі-

рів та стиснення електродної частини хірургічного інструменту для двох варіантів введення: через просвіт кишки (традиційний інструмент – ТІ) або через лапароскопічний порт (ЛІ).

Досліди здійснили в умовах лабораторії відділу електрозварювання живих тканин Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

Матеріалом для дослідження був біоімітатор кишки людини з відповідним діаметром та товщиною стінки органу. Біоімітатором слугував органокомплекс сільськогосподарської тварини – свині. Органокомплекс у свині забирали безпосередньо після умертвіння, яке було заплановане з не пов'язаними з експериментом причинами та відбувалось з дотриманням вимог Закону України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Біоімітатор охолоджували до 4 °C та протягом 6 годин доставляли до лабораторії. В лабораторії його готували до експерименту, занурюючи у теплий (26–32 °C) розчин 0,9% NaCl на 10–20 хвилин до досягнення тканиною температури розчину.

Використовували розроблений в інституті електрозварювання експериментальний електрозварювальний стенд з електродною частиною – прототипом клінічного інструменту.

Електрозварювальним джерелом живлення і електрозварювальних імпульсів був адаптований до умов експериментів апарат для зварювання живих тканин ЕКВЗ-300 «Патонмед» виробництва інституту електрозварювання, дозволений для клінічного використання.

Через приєднаний модуль швидкого аналого-цифрового перетворення забезпечується реєстрація значень струму і напруги в процесі електрозварювання та моніторинг з виведенням на екран в реальному часі. Дані реєстрації виво-

дяться у графічному та табличному форматі. За допомогою спеціальної програми налаштовується алгоритм формування електрозварювального впливу: тривалість імпульсу та паузи, кількість імпульсів, амплітуда базової електричної напруги в імпульсі, наявність та алгоритм формування фаз електрозварювання. Використовували амплітуду змінної напруги від 200 до 500 В, частоту 466 кГц.

Електродна частина була відкритого типу, і формою станини відтворювала обриси робочої частини майбутнього спеціалізованого клінічного (модельного) інструменту, і передбачала фіксацію лінійних електродів у різних типорозмірах. Використовували такі розміри поверхні електродів: 217 мм² для ТІ, та 45–54 мм² для ЛІ.

Біоімітатор складали вдвічі, серозними оболонками до середини, моделюючи розташування кишки в циркулярному анастомозі, та фіксували між електродами експериментального стенду.

У 160 пробах прикладали попередньо відкаліброване навантаження ззовні до електродів, створюючи між ними тиск від 1,0 до 3,0 Н/мм² (1,0–3,0 × 10⁴ Па).

Вплив тиску тривав протягом 5 секунд, після чого подавали електрозварні імпульси на електроди відповідно до розробленого алгоритму [5].

При цьому реєстрували температуру на електродах з використанням термопари в електроді, та додатково дистанційно контролювали під час зварювання з використанням професійного безконтактного інфрачервоного пірометра Benetech GM 1850, сертифікованого за ISO 9001.

Після видалення з'єднаних стінок кишки, один край був підвішений, а до іншого приклали зростаючий гідростатичний тиск, фіксуючи значення при розриві з'єднання.

Статистичні дані оцінювали з застосуванням дисперсійного аналізу (ANOVA) та t-тесту Ст'юдента. В таблицях наведений репрезентативний фрагмент отриманих даних, що представлені, як «середнє ± стандартне відхилення» (M ± SD). Суттєвість різниці між групами оцінювали при заданому граничному рівні не вище 5% (p ≤ 0,05). Дані аналізували, використовуючи відкрите програмне забезпечення.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

При дослідженні з моделлю електродів для ТІ при зварюванні фрагментів тонкої кишки

температура на них впродовж зварювання складала 83,7 ± 8,7 °С, досягаючи 98 °С. При цьому розривна міцність з'єднання складала 5,5 ± 1,1 кПа, діапазон 3,7–7,0 кПа.

Для досліджень з електрозварним з'єднанням товстої кишки температура на електродах впродовж зварювання досягала 75,1 ± 11,1 °С, досягаючи 84 °С, а розривна міцність з'єднання складала 4,7 ± 0,9 кПа, діапазон 3,5–6,2 кПа.

При дослідженні з моделюванням електродів для ЛІ при зварюванні фрагментів тонкої кишки, температура на них впродовж електрозварювання складала 83,1 ± 7,3 °С, досягаючи 100 °С. При цьому розривна міцність з'єднання складала 6,1 ± 1,2 кПа, діапазон 4,3–8,0 кПа.

Для досліджень в цій групі при електрозварному з'єднанні товстої кишки температура на електродах впродовж зварювання мала величину 78,8 ± 9,1 °С, досягаючи 82 °С, а розривна міцність з'єднання складала 5,0 ± 1,2 кПа, діапазон 3,3–7,1 кПа.

Досягнуте з'єднання у моделі міжкишкового електрозварного анастомозу з придатною для клінічних вимог розривною міцністю при використанні широкого діапазону площі електродів та електричних параметрів надає підстави припустити, що електрозварний імпульс в межах досліджуваних величин і характеристик викликає зміни окремих структур в стінці кишки, не завдаючи суттєвих змін в інших. Таке припущення вимагає підтвердження подальшими дослідженнями. Отримання відповідних результатів визначить напрями подальшої модифікації як джерела живлення, так і інструментів.

ВИСНОВКИ

1. Перспективним для створення інтракорпорального міжкишкового анастомозу з використанням лапароскопічних інструментів є зменшення площі електродів та модифікація параметрів електрозварних імпульсів.

2. В стендовому експерименті встановлено можливість з використанням модифікованого апарату-джерела живлення Патонмед ЕКВЗ-300 та відповідних програмних налаштувань досягти з'єднання стінок тонкої та/або товстої кишки при використанні електродів, відповідних, за розмірами до лапароскопічного інструменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Jaschinski T, Mosch CG, Eikermann M et al. Laparoscopic versus open surgery for suspected appendicitis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018; 11: CD001546. DOI: 10.1002/14651858.CD001546.pub4.

2. Lavryk AS, Mylytsya KM. Gastric plication efficiency at patients with obesity and

metabolic syndrome. *AML*. 2017; 23 (1–2). DOI: 10.25040/aml2017.01.040.

3. Abraham, NS, Byrne, CM, Young, JM, Solomon MJ. (2007). Meta-analysis of non-randomized comparative studies of the short-term outcomes of laparoscopic resection for colorectal cancer. *ANZ Journal of Surgery*. 2007; 77: 508–516.

DOI:10.1111/j.1445-2197.2007.04141.x.

4. Fransvea P, Costa G, Serao A et al. Laparoscopic splenectomy after trauma: Who, when and how. A systematic review. *J Minim Access Surg*. 2019. DOI: 10.4103/jmas.JMAS_149_19.

5. McCormack K, Scott NW, Go PM, Ross S, Grant AM. Collaboration the EU Hernia Trialists. Laparoscopic techniques versus open techniques for inguinal hernia repair. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003; (1): CD001785. Review. DOI: 10.1002/14651858.CD001785.

6. Zhao J, Chen N, Zheng J et al. Laparoscopic versus open surgery for rectal cancer: Results of a systematic review and meta analysis on clinical efficacy. *Molecular and Clinical Oncology*. 2014; 2: 1097–1102. DOI: 10.3892/mco.2014.345.

7. Ding Z, Wang Z, Huang S et al. Comparison

of laparoscopic vs. open surgery for rectal cancer. *Molecular and clinical oncology*. 2017; 6 (2): 170–176. DOI: 10.3892/mco.2016.1112.

8. Ruurda J, Broeders I. Robot-assisted laparoscopic intestinal anastomosis. *Surg Endosc*. 2003; 17 (2): 236–241. DOI: 10.1007/s00464-002-9016-2.

9. Podpryatov SS, Podpryatov CE, Gichka SG et al. Clinical and morphological features of multipoint and linear colonic electrowelded anastomosis. *Shpytalna khirurgiya. Zhurnal imeni L. YA. Kovalchuka*. 2018; 83 (3): 50–56. DOI: 10.11603/2414-4533.2018.3.922.

10. Podpryatov SS, Podpryatov CE, Marinsky GS et al. Efficiency of achieving electrical breakdown in the model of intestinal anastomosis with increasing voltage on the welding tool and enhanced mechanical compression. *Suchasni medychni tekhnolohiyi*. 2018; 38 (3): 35–39.

Стаття надійшла до редакції 24.11.2019