

# ТЕОРЕТИЧНІ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ТА КЛІНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНДОВЕНОЗНОГО ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ У ЛІКУВАННІ ВАРИКОЗНОЇ ХВОРОБИ

С.І. САВОЛЮК<sup>1</sup>, В.С. ГОРБОВЕЦЬ<sup>1,2</sup>, М.М. ГВОЗДЯК<sup>1</sup>,  
Д.Д. КУНКІН<sup>3</sup>, М.Ю. КРЕСТЯНОВ<sup>1</sup>, Р.А. ГЕРАЩЕНКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика, м. Київ

<sup>2</sup> Київська міська клінічна лікарня № 8

<sup>3</sup> ТОВ «Свармед», м. Ірпінь

**\*Conflict of Interest Statement (We declare that we have no conflict of interest).**

\*Заява про конфлікт інтересів (Ми заявляємо, що у нас немає ніякого конфлікту інтересів).

\*Заявление о конфликте интересов (Мы заявляем, что у нас нет никакого конфликта интересов).

**\*No human/animal subjects policy requirements or funding disclosures.**

\*Жодний із об'єктів дослідження (людина/тварина) не підпадає під вимоги політики щодо розкриття інформації фінансування.

\*Ни один из объектов исследования не подпадает под политику раскрытия информации финансирования.

**Мета роботи** — вивчити в експерименті можливість використання технології електрозварювання живих тканин (ЕЗЖТ) у лікуванні варикозної хвороби шляхом ендовенозного електрозварювання (ЕВЕЗ) великої підшкірної вени (ВПВ), визначити його оптимальні параметри для клінічного застосування; проаналізувати результати клінічного застосування методу ЕВЕЗ.

**Матеріали та методи.** Як джерело струму використано апарат для електричного зварювання живих тканин ЕК-300М (Україна). Для подачі струму в просвіт вени розроблено ендовенозні біполярні інструменти різного калібру. Вплив ЕВЕЗ досліджували на експериментальному стенді, обладнаному контактними термодатчиками, пристроєм реєстрації електричних параметрів зварювання для моніторингу струму та напруги і пристроєм для відеореєстрації. Об'єктом дослідження були видалені сегменти ВПВ із жиромовною клітковиною. Метод ЕВЕЗ застосовано у лікуванні 82 пацієнтів з різними класами ВХ. Проведено оперативні втручання на 104 кінцівках.

**Результати.** Встановлено ефективність впливу ЕВЕЗ на сегменти ВПВ у вигляді послідовних структурних змін, які залежали від потужності та експозиції енерговпливу. Відзначено залежність електричних параметрів зварювання від імпедансу тканини на різних стадіях структурних змін вени. Визначено оптимальні параметри проведення ЕВЕЗ в експерименті. Задовільні результати лікування у вигляді стійкої оклюзії ВПВ отримано у 97 (93,3 %) випадках. За даними літератури, структура, кількість і тяжкість ускладнень істотно не відрізнялися від таких при застосуванні ендовенозної лазерної коагуляції та радіочастотної абляції.

**Висновки.** Метод ЕВЕЗ є ефективним і безпечним щодо впливу на венозну судину та забезпечує надійну оклюзію ВПВ. Порівняно низький температурний режим зварювання і відсутність поширення негативного термічного впливу ЕВЕЗ за межі вени дають змогу виконувати втручання без проведення тумесцентної анестезії. Додавання фізіологічного розчину в ділянку зварювання розширює зону електротермічного впливу та дає змогу проводити ЕВЕЗ вени, діаметр якої значно перевищує калібр робочої частини інструменту. Результати через 1 рік після клінічного застосування методу ЕВЕЗ не мають істотних відмінностей від таких при застосуванні інших методів ендовенозної термічної облітерації.

**Ключові слова:** варикозна хвороба, ендовенозна термічна облітерація, електричне зварювання живих тканин.

Ключовим етапом оперативних втручань з приводу варикозної хвороби (ВХ) нижніх кінцівок є усунення основного патогенетичного чинника захворювання — вертикального рефлюксу по великій підшкірній вені (ВПВ) [11, 16]. «Традиційна» сафенектомія має недоліки: травматичність втручання, велика кількість ускладнень, тривалий період реабілітації та незадовільний косметичний ефект. Нині методами вибору ліквідації вертикального рефлюксу визнано ендовенозні методи термічної облітерації вен — ендовенозну лазерну коагуляцію (ЕВЛК) та радіочастотну абляцію (РЧА) [4, 7, 13, 24].

Механізм облітерації при застосуванні ЕВЛК і РЧА реалізується за рахунок термокоагуляції венозної стінки, що в подальшому призводить до фіброзної трансформації судини [7, 13, 24]. Результати клінічного застосування ЕВЛК та РЧА протягом останнього десятиліття свідчать про їх ефективність та значні переваги над «традиційною» сафенектомією завдяки малоінвазивності, задовільному косметичному ефекту, зменшенню інтенсивності больового синдрому, значному скороченню термінів лікування та реабілітації [4, 7, 20, 24]. Однак актуальними питаннями залишаються опікові ураження тканин, тромботичні ускладнення та їх профілактика [4, 6, 21]. Не визначено підходи до вибору оптимальних параметрів ЕВЛК, яка у більшості випадків є варіабельною та має емпіричний

характер [7, 13, 20, 25]. Параметри проведення РЧА визначають автоматично [20], але, висока собівартість апаратури, матеріалів та лікування значно обмежує можливість широкого застосування РЧА [19].

Пошук альтернативного безпечного та більш економічного методу ендовенозної термооблітерації визначив наш інтерес до ендовенозного електротермічного впливу.

Застосувати ендовенозний електротермічний вплив для оклюзії вен запропонували К. Firt зі співавт. у 1959 р. [11, 16]. Метод отримав назву «ендовенозна електрична коагуляція» (ЕЕК). Для облітерації ВПВ застосовували монополярний зонд, який розігрівався під впливом електричного струму та спричиняв термічну коагуляцію вени. Внаслідок цього виникали асептичний некроз та запалення веннозної стінки, що згодом в умовах тривалої компресії кінцівки призводило до фіброзної трансформації ВПВ [2, 16, 18]. Однак через численні опіки та незадовільний косметичний ефект внаслідок утворення грубих рубців цей метод не набув широкого застосування [11, 18]. Метод ЕЕК неодноразово вдосконалювали. Застосування біполярних електродів та модернізованих високочастотних генераторів струму дало змогу зменшити негативні наслідки методу [1, 2]. Однак контроль електротермічного впливу є недосконалим та повністю залежить від суб'єктивних чинників — досвіду, навичок та реакції хірурга, тому термічні ушкодження вени та паравазальних тканин з виникненням коагуляційного некрозу і продуктивного запалення залишаються недоліками методу ЕЕК [11, 18].

Запропонований нами метод ендовенозного електрозварювання (ЕВЕЗ) суттєво відрізняється від ЕЕК тим, що для оклюзії вен застосова-

*Горбовець Владислав Сергійович*  
судинний хірург  
асистент кафедри хірургії та судинної хірургії  
НМАПО імені П.Л. Шупика  
Адреса: 04112, м. Київ, вул. Дорогожицька, 9  
Тел. моб.: (067) 955-33-08, (066) 552-55-68  
E-mail: gorbovezz@bigmir.net

но принципово нову технологію — електричне зварювання живих тканин (ЕЗЖТ). Унікальну технологію ЕЗЖТ розробили спеціалісти Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона НАН України разом з фахівцями експериментального відділу Інституту хірургії і трансплантології НАМН України за участі Міжнародної асоціації «Зварювання» та компанії CSMG (США) [8, 14, 15].

Технологія ЕЗЖТ ґрунтується на принципі дозованої подачі модульованого електричного струму, який автоматично генерується залежно від конкретного тканинного імпедансу, вимірюного за допомогою пробного імпульсу струму перед початком зварювання [8, 10, 12, 14]. Зварювальне з'єднання тканин виникає завдяки ефекту електротермічної денатурації та утворенню спільного простору між білковими молекулами, які вивільнюються при частковому руйнуванні клітинних мембран під час проходження електричного струму [3, 8, 10]. Алгоритм керування процесом електрозварювання ґрунтується на зміні електричного опору, який можна вважати маркером структурних змін у тканині. Нагрівання тканини супроводжується дегідратацією і денатурацією білків та призводить до стрибкоподібного зростання опору, що спричиняє різке зниження сили струму та його потужності [3, 12, 14]. Це явище відбувається незалежно від виду тканини, встановленої величини струму і потужності та є основою для керування процесом ЕЗЖТ [3, 10, 12]. На відміну від інших методів термічного впливу процес електрозварювання не призводить до утворення коагуляційного струпу, некрозу та втрати життєдіяльності тканини [3, 8, 10, 14, 15], при цьому зона поширення термічного впливу не перевищує 1–2 мм [3, 8, 10, 14].

Нині метод ЕЗЖТ експериментально досліджено та широко впроваджено у хірургічну практику [8, 14, 15]. У численних повідомленнях відзначено значне поліпшення якості лікування в абдомінальній, торакальній, судинній хірургії, онкології, нейрохірургії, отоларингології, гінекології та урології завдяки зменшенню об'єму крововтрати, частоти ускладнень, зменшенню тривалості оперативних втручань і реабілітації пацієнтів [3, 8, 14, 15]. Однак даних щодо застосування технології ЕЗЖТ у флебології немає.

*Мета роботи* — вивчити в експерименті можливість використання технології електрозварювання живих тканин у лікуванні варикозної хвороби шляхом ендовенозного електрозварювання великої підшкірної вени, визначити його оптимальні параметри для клінічного застосування; проаналізувати результати клінічного застосування методу ендовенозного електрозварювання.

## Матеріали та методи

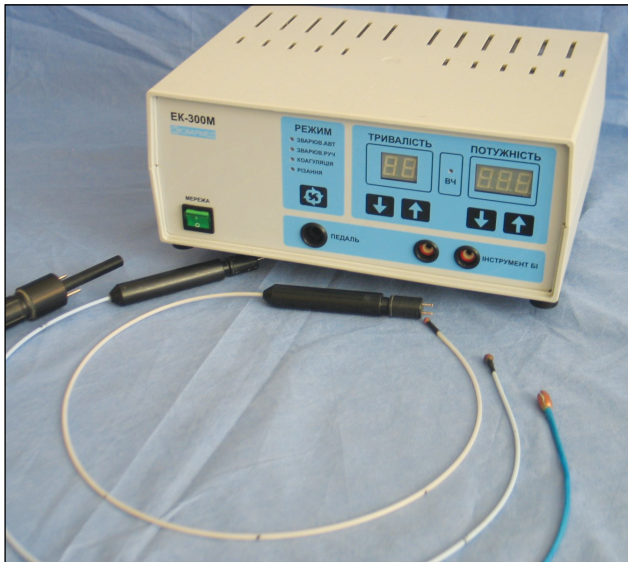
Метод ЕВЕЗ було розроблено в експерименті на кафедрі хірургії та судинної хірургії Національної медичної академії післядипломної освіти імені П.Л. Шупика за технічної підтримки ТОВ «Свармед» [9]. Клінічну апробацію та впровадження методу ЕВЕЗ для хірургічного лікування ВХ проведено у відділенні малоінвазивної хірургії та флебології Київської міської клінічної лікарні № 8 та хірургічному відділенні Новоайдарівської центральної районної лікарні.

Під час експериментально-клінічного дослідження було вирішено такі завдання: 1) вивчити можливості проведення ЕВЕЗ та його ефективність для оклюзії великої ВПВ; 2) розробити спеціалізовані ендовенозні інструменти; 3) дослідити особливостей біофізичних процесів ЕВЕЗ; 4) розробити систему контролю ендовенозного електротермічного впливу; 5) визначити оптимальні параметри для клінічного застосування ЕВЕЗ.

Пристрій для ЕВЕЗ складається з джерела живлення — генератора, в якому формується високочастотна напруга згідно з обраним режимом електрозварювання та спеціалізованих ендовенозних біполярних інструментів (рис. 1).

Генератор — багатофункціональний апарат для ЕЗЖТ ЕК-300М («Свармед», Україна) містить мікропроцесорну систему керування та забезпечує 4 режими роботи: зварювання автоматичне, зварювання ручне, коагуляція, різання.

Спеціалізований біполярний інструмент для ЕВЕЗ складається з трьох частин, які послідовно з'єднані між собою: робочої частини, тубуса та ручки (рис. 2). До складу робочої частини входять два різнополярні електрично ізольовані електроди, закріплені непорушно



**Рис. 1.** Пристрій для ендовенозного електрозварювання – генератор високочастотної напруги ЕК-300М та спеціалізовані ендовенозні біполярні інструменти

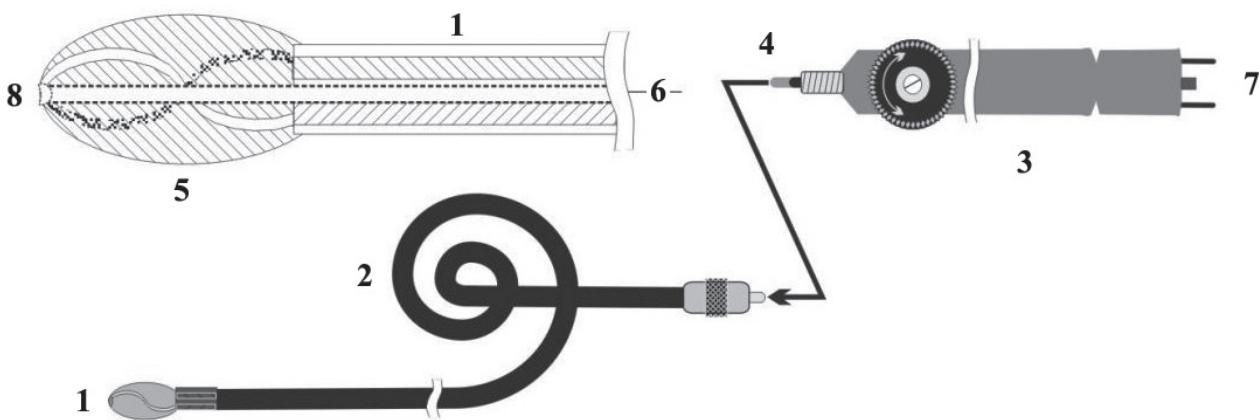
один з одним у формі еліпсоїда. Для забезпечення оптимальної площі контакту з венозною стінкою запропоновано різні калібри робочої частини (від 4 до 10 мм) з постійним співвідношенням меншої та більшої діагоналей  $1:2 \pm 10\%$ . Тубус має довжину від 40 до 100 см, діаметр від 1,5 до 3,0 мм і виконаний із спеціального полімерного матеріалу, який забезпечує оптимальне співвідношення гнучкості та жорсткості для просування всередині вени. Тубус містить герметично ізольовані провідники змінного струму від генератора до робочої частини. Ручка має зручну для руки оператора форму, герметично з'єднана с тубу-

сом і містить механізм зчеплення роз'ємних частин інструменту та кабелю.

Специфічними характеристиками інструменту, які забезпечують оптимальні умови роботи, стерилізації та тривалої експлуатації, є надійна герметичність, ізоляція та низька температурна інертність робочої частини.

Контроль ендовенозних маніпуляцій та оцінку безпосередніх результатів електрозварювання здійснюють за допомогою ультразвукового дуплексного сканера. Останній має забезпечувати використання В-режиму дослідження лінійним датчиком у різних площинах сканування з частотою випромінювання 5–13 мГц та можливість застосування кольорового картування кровотоку.

Схема роботи пристрою ЕВЕЗ полягає у наступному. У генераторі формується високочастотна напруга (440–500 кГц) згідно з обраним режимом «зварювання ручне». Різниця потенціалів прикладається до полюсів спеціалізованого інструменту, ручку якого тримає оператор (хірург), керуючи його просуванням усередині та вздовж вени. Струм, який проходить крізь тканину, ініціює електротермічну дегідратацію, денатурацію і коагуляцію білків крові та судинної стінки на відстані 1–2 мм від електродів інструменту, що призводить до зростання опору і зниження сили струму від максимального до порогового, а потім граничного значення. Динаміка електричних параметрів і ультразвукова візуалізація відповідних змін у вені дають змогу оператору контролювати процес зварювання в кожній ділянці вени.



**Рис. 2.** Схема конструкції спеціалізованого ендовенозного біполярного інструменту: 1 — робоча частина; 2 — гнучкий тубус; 3 — ручка; 4 — роз'єм для подачі напруги генератора та фізіологічного розчину в канал; 5 — електроди; 6 — канал подачі фізіологічного розчину; 7 — провідники змінного струму; 8 — отвір на кінці робочої частини інструменту

Об'єктами дослідження були видалені сегменти ВПВ із оточуючою жировою клітковиною. Діаметр вен становив від 4 до 15 мм. Вплив ЕВЕЗ на об'єкти досліджували на експериментальному стенді, обладнаному контактними термічними датчиками, пристроєм реєстрації електричних параметрів зварювання для моніторингу змін струму і напруги та пристроєм для відеореєстрації.

В експериментах у вени різного діаметра вводили спеціалізований інструмент з робочою частиною відповідного калібру. Для моделювання клінічних умов сегменти вен заповнювали кров'ю. Для стабілізації крові застосовували цитрат натрію або гепарин. ЕВЕЗ проводили в режимі «ручне зварювання» з потужністю від 10 до 100 %. Одночасно реєстрували динаміку сили електричного струму і температури. Результати впливу ЕВЕЗ на сегменти ВПВ оцінювали за візуальними змінами та даними гістологічних досліджень. Поширення і характер термічного впливу на оточуючі тканини вивчали за даними контактної термометрії та візуальними і гістологічними змінами у паравазальній жировій клітковині. В окремі серії експериментів вивчено процес ЕВЕЗ з додаванням фізіологічного розчину в зону протікання струму.

Метод ЕВЕЗ застосовано у хірургічному лікуванні 82 пацієнтів із С2–С6 клінічними класами ВХ за СЕАР. Загалом проведено операції на 104 кінцівках, з них 32 (30,76 %) у чоловіків та 72 (69,23 %) у жінок. Вік пацієнтів — від 19 до 77 років. Результати лікування оцінювали за такими критеріями:



*Рис. 3. Результат впливу ендовенозного електрозварювання на ділянку великої підшкірної вени протягом 1 с: спазм та зміна кольору ділянки вени*

1. Оцінка інтенсивності післяопераційного болювого синдрому в зоні проведення ендовенозного втручання за цифровою рейтинговою шкалою (ЦРШ): 0 балів — біль відсутній, 1–3 бали — біль помірний, 4–6 балів — середній за інтенсивністю біль, 7–10 балів — максимальний біль.

2. Ускладнення в зоні проведення ендовенозного втручання (опік, тромбофлебіт, парестезії, екхімози, гіперпігментації та індурації шкіри).

3. Анатомічний результат за даними ультразвукового сканування через 1 рік: задовільний — оклюзія і фіброзна трансформація, незадовільний — реканалізація та рефлюкс.

## Результати

**Результати експериментального дослідження.** Створення зони протікання високочастотного модульованого електричного струму в просвіті вени ініціювало послідовні структурні зміни в судині, які мали найбільш очікуваний позитивний ефект при застосуванні потужності 40–60 %. Розвиток структурних змін супроводжувався відповідною динамікою електричних параметрів, що в узагальненому вигляді можна представити так:

1. Початкова дегідратація та денатурація глобулярних елементів венозної стінки і крові (0–1 с). Спазм вени, зміна кольору (рис. 3) та утворення тромбу. Реєструється максимальне значення сили струму.

2. Активна дегідратація та денатурація глобулярних елементів венозної стінки і крові (2-га–3-тя секунда). «Кипіння», виділення пару, потовщення стінки вени, звуження та оклюзія просвіту (рис. 4). Зафіксовано різке зниження сили струму до 50 %

3. Коагуляція венозної стінки (4–5-та секунда) (рис. 5). Зафіксовано зниження сили струму до 30 %.

4. Карбонізація венозної стінки (6–11-та секунда) (рис. 6). Сила струму не змінюється і не перевищує 30 %.

Результати гістологічних досліджень препаратів, отриманих після перших 2–3 с енерговпливу, свідчили про дезорганізацію колагену, дистрофічні зміни клітин з різним ступенем руйнування мембран, більше виражені в ендотелії, окремі вогнища некрозу тка-



**Рис. 4.** Результат впливу ендовенозного електрозварювання на ділянку великої підшкірної вени протягом 2–3-ї секунди: А — денатурація, потовщення венозної стінки, звуження просвіту; Б — ділянка вени до електротермічного впливу



**Рис. 5.** Результат впливу ендовенозного електрозварювання на ділянку великої підшкірної вени протягом 4–5-ї секунди: А — денатурація, потовщення венозної стінки, звуження просвіту; Б — коагуляція ділянки вени

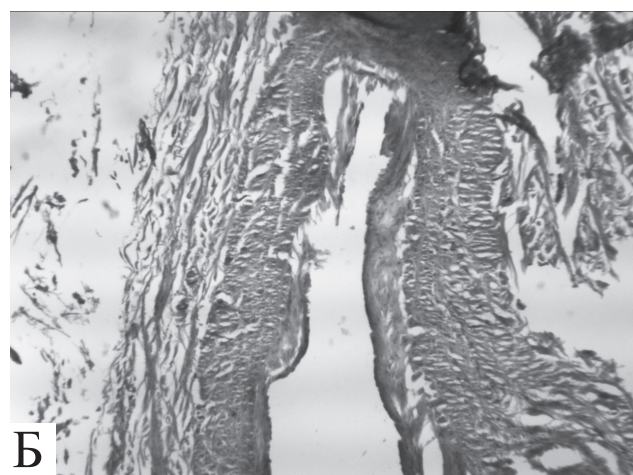
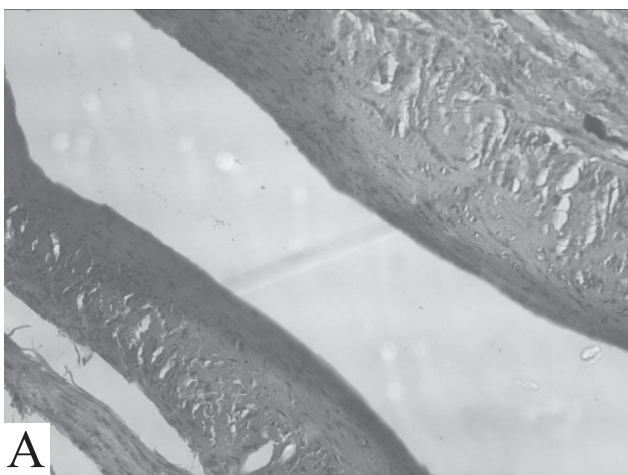


**Рис. 6.** Результат впливу ендовенозного електрозварювання на ділянку великої підшкірної вени протягом 6–11-ї секунди: коагуляція з ділянками карбонізації венозної стінки

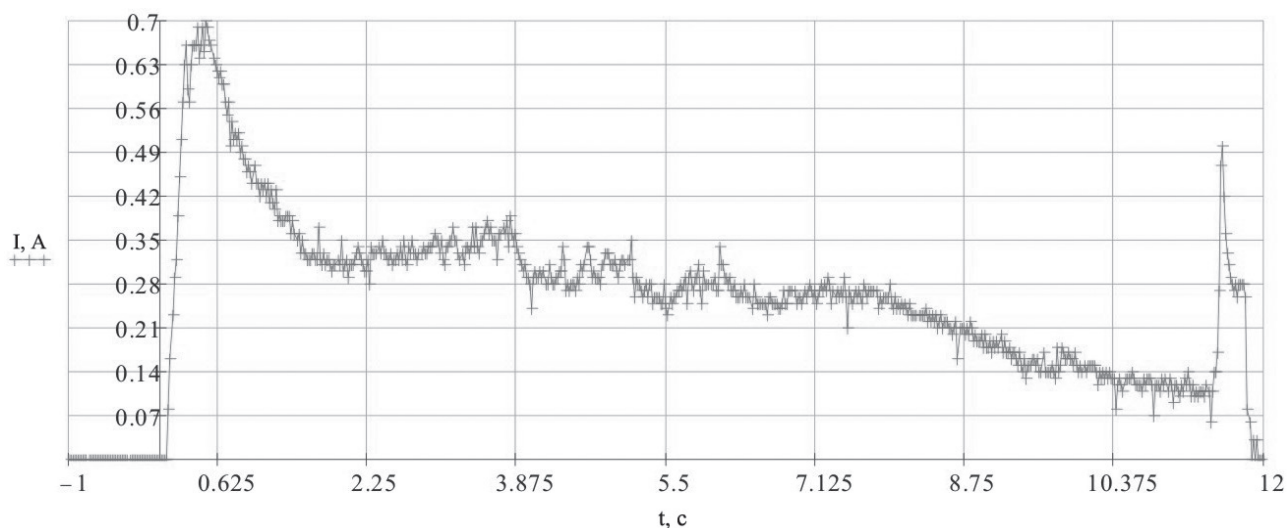
нини. В препаратах, отриманих пізніше 6-ї секунди електротермічного впливу, переважали явища некрозу клітин (рис. 7).

Біофізичні процеси при ЕВЕЗ та динаміка електричних параметрів, які спостерігали під час експериментів, були подібні таким при електрозварюванні інших біологічних тканин [3, 12, 14, 15]. Послідовність візуальних та морфологічних змін об'єктів дослідження відображували певну стадійність структурних змін їх тканин та взаємозв'язок с динамікою електричних параметрів. Дані щодо зміни сили струму протягом зварювання окремого сегмента вени наведено на рис. 8.

Для визначення поширення термічного впливу на оточуючі тканини проводили ЕВЕЗ з потужністю 40–60 % протягом 5 с на окре-



**Рис. 7.** Морфологічна картина після ендовенозного електрозварювання: А — через 3 с впливу; Б — через 6 с впливу



**Рис. 8.** Динаміка зміни сили електричного струму протягом ендовенозного електрозварювання на окремій ділянці великої підшкірної вени (зварювання ручне, потужність 50 %)

мих ділянках вени, які містили на стінці жирову клітковину у вигляді «підвіска». До стінки вени та жирового «підвіска» було прикріплено контактні температурні датчики (рис. 9). При досягненні стану коагуляції вени в ділянках розташування датчиків енерговплив припиняли.

Установлено, що максимальна температура венозної стінки в ділянці зварювання не перевищувала 85 °С, а в жировому «підвіску» — 65 °С. Подальше дослідження жирового «підвіска» не виявило візуальних та морфологічних змін у жодному випадку. Отримані результати засвідчили, що при ЕВЕЗ сегментів ВПВ негативний термічний вплив не поширюється за межі венозної стінки.

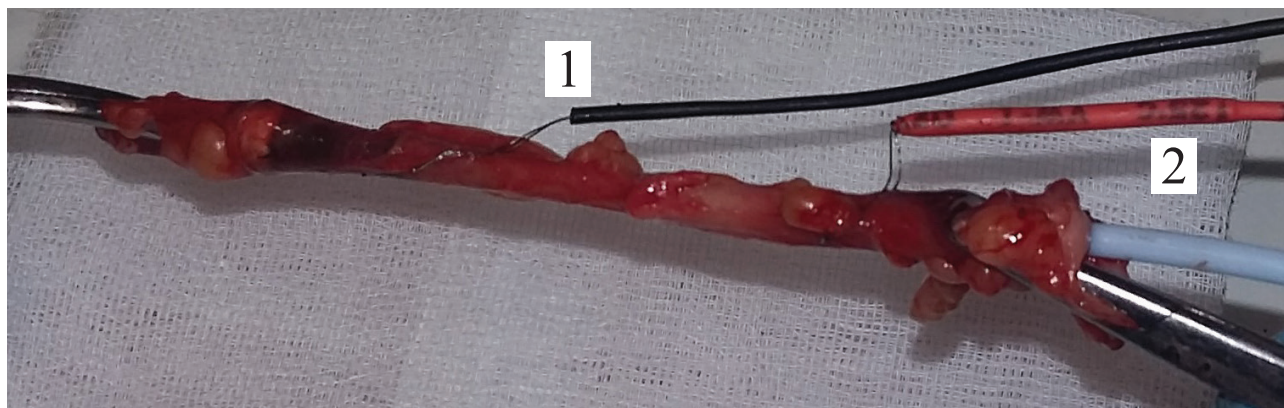
Для визначення оптимальної швидкості екстракції електрозварювання проводили ЕВЕЗ на однакових за довжиною сегментах ВПВ з різною швидкістю. Критеріями достатньої ек-

позиції ЕВЕЗ на окремій ділянці вени вважали явища «кипіння» венозної стінки, початкові явища коагуляції (рис. 10) та момент зниження сили струму на 50 %. Установлено, що швидкість екстракції електрозварювального зонда, яка відповідала зазначеним критеріям, становила 0,5–1,0 см/с залежно від діаметра вени.

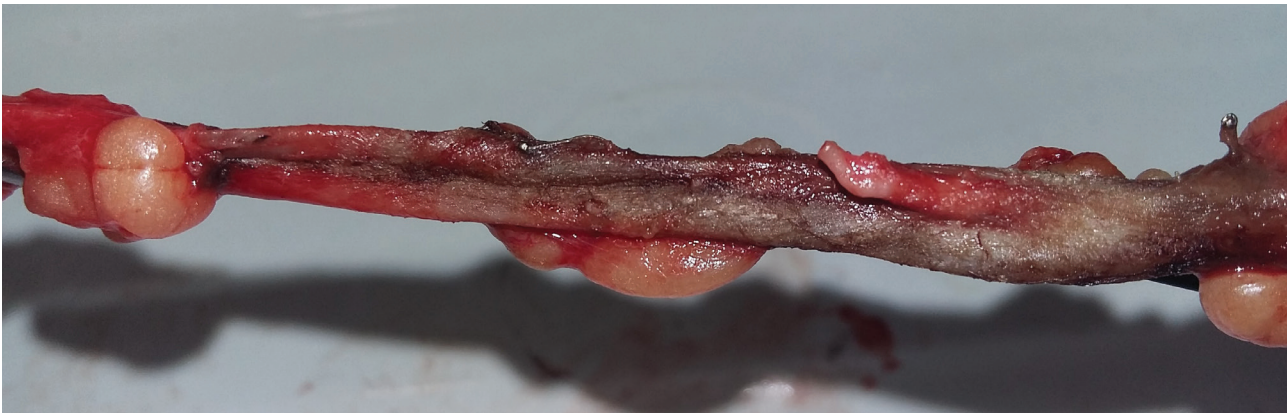
При додаванні фізіологічного розчину в зону протікання струму візуально відзначено посилення ефекту енерговпливу. При цьому осцилограми струму мали пологий характер (рис. 11), що свідчило про рівномірніший розподіл струму в провідному середовищі. Виявлено, що в умовах подачі фізіологічного розчину є можливим ефективно проведення ЕВЕЗ із застосуванням інструменту з калібром, меншим ніж діаметр цільової вени.

Таким чином, результати експериментального дослідження показали, що:

1. ЕВЕЗ має ефективний вплив на ВПВ



**Рис. 9.** Контактна термометрія при проведенні ендовенозного електрозварювання: датчик 1 прикріплений до венозної стінки; датчик 2 — до жирового «підвіска»



**Рис. 10.** Результат ендовенозного електрозварювання на сегмент великої підшкірної вени з потужністю 50 % і швидкістю екстракції інструменту 0,5 см/с: ознаки денатурації і коагуляції, жирова тканина на поверхні вени не змінена

у вигляді послідовних структурних змін, які призводять до оклюзії вени.

2. Структурні зміни вени під впливом ЕВЕЗ супроводжуються характерною динамікою електричних параметрів, що дає змогу контролювати процеси зварювання.

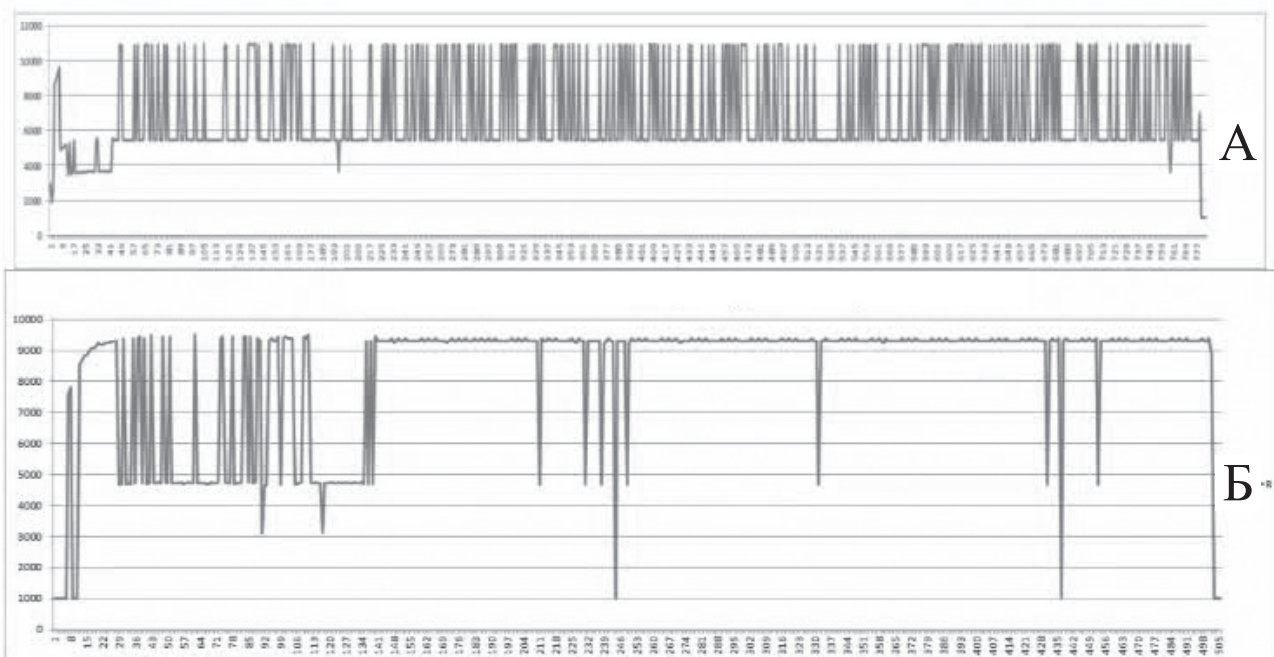
3. Поширення негативного термічного впливу при ЕВЕЗ ВПВ на оточуючі тканини не відбувається.

4. Оптимальними параметрами ЕВЕЗ є потужність 50 %, швидкість екстракції зонда 0,5–1,0 см/с.

5. Подача фізіологічного розчину в зону протікання струму посилює електротермічний вплив та дає змогу ефективно проводити

ЕВЕЗ вени, діаметр якої значно перебільшує калібр інструменту.

**Результати клінічного впровадження.** Запропонований нами метод ЕВЕЗ розроблено для хірургічного лікування ВХ та усунення патологічного вертикального рефлюксу в басейні ВПВ шляхом електротермічної оклюзії. Добір пацієнтів для проведення оперативних втручань з використанням методу ЕВЕЗ здійснювали на підставі даних ультразвукового сканування, яке проводили в ортостатичному положенні пацієнта. При цьому визначали межі поширення рефлюксу, характер варикозної трансформації притоків і перфорантних вен та виконували відповід-



**Рис. 11.** Осцилограми струму без додавання (А) та з додаванням (Б) фізіологічного розчину в ділянку зварювання великої підшкірної вени



ну розмітку на шкірі кінцівок спеціальним маркером.

Оперативні втручання залежно від запланованого обсягу виконували під місцевим, провідниковим або регіонарним знеболюванням. Метод ЕВЕЗ на відміну від ЕВЛК і РЧА не потребує ін'єкційного гідрозахисту паравазальної клітковини і шкіри від термічного ураження. Однак при використанні місцевої анестезії для знеболювання під час електрозварювання додатково проводили анестезію по ходу вени. Як анестетик застосовували ізобаричний 1,25 % розчин лонгокаїну об'ємом 80–100 мл.

Оперативні втручання починали з високої перев'язки гирла ВПВ (верхня кросектомія), оскільки рефлюкс по ньому розглядали як провідний механізм розвитку захворювання, який спостерігався в усіх пацієнтів клінічного дослідження [17]. Для забезпечення оптимальних умов виконання кросектомії та отримання кращого косметичного результату доступ до гирла ВПВ виконували крізь розріз по паховій складці довжиною 2–3 см. За потреби крізь косо-вертикальний розріз у нижній третині гомілки спереду від медіальної кісточки довжиною 1,0–1,5 см виконували перетин і перев'язку нижніх приток ВПВ. Введення і просування ендовенозного інструменту у ВПВ залежно від анатомічних особливостей та поширення рефлюксу можливе крізь паховий доступ у ретроградному напрямку, крізь доступ у нижній або верхній третині гомілки — в антеградному. В деяких випадках виконували одночасне введення інструментів з різним калібром робочої частини в обох напрямках. Калібр робочої частини визначали відповідно до даних ультразвукового сканування цільових сегментів ВПВ.

Після ультразвукового контролю просування і розташування робочої частини інструменту в заданому сегменті ВПВ вибирали параметри роботи пристрою: режим «зварювання ручне», потужність 50 %.

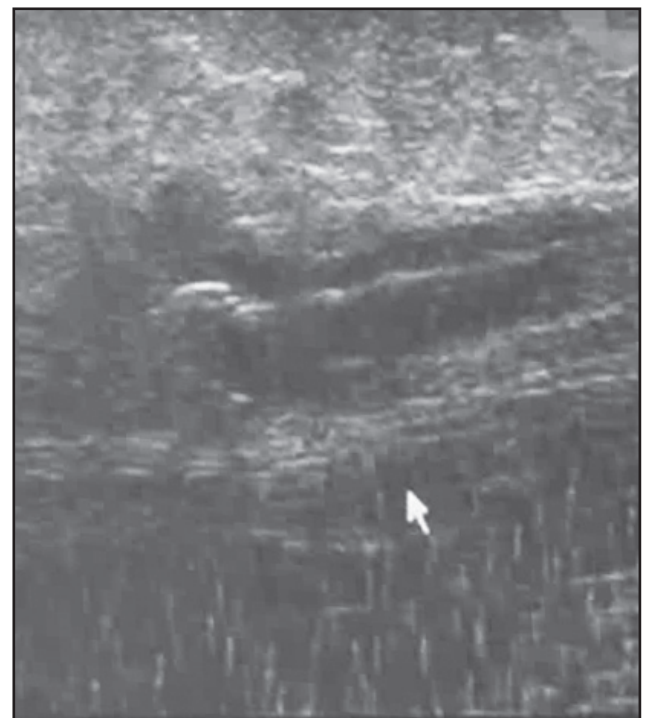
Після активації пристрою за допомогою ультразвукового датчика, який розташовували над робочою частиною інструменту, в поздовжній площині сканування контролювали розвиток ознак оклюзії ділянки вени (рис. 12). Після цього інструмент та ультразвуковий датчик переміщували на наступну ділянку вени у напрямку екстракції з повторенням процесу

зварювання по всій довжині вени. Ультразвукові ознаки оклюзії окремої ділянки вени розвивалися протягом 1–3 с.

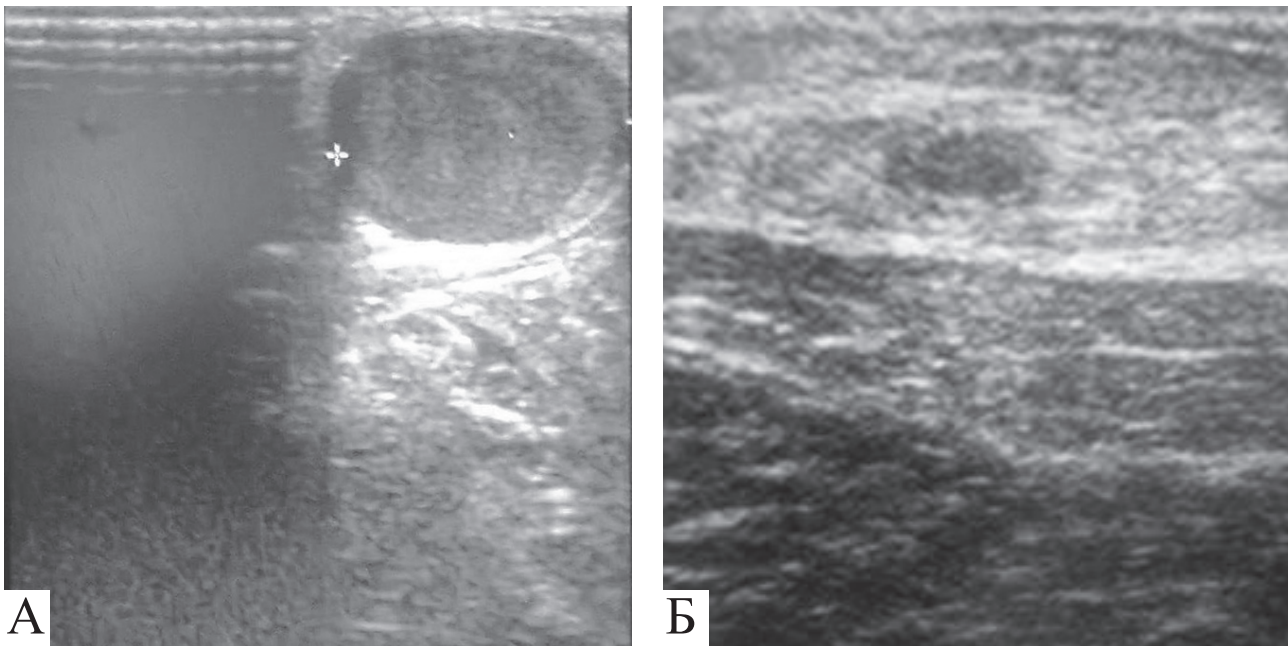
Переміщення робочої частини інструменту здійснювали дискретно з кроком від 6 до 11 мм залежно від калібру робочої частини. Таким чином, середня швидкість просування інструменту за даних умов становила 0,5–1,0 см/с. У ділянках локального розширення ВПВ, діаметр яких перевищував калібр робочої частини інструменту, та в ділянках впадіння розширених приток оператор уповільнював екстракцію інструменту для збільшення експозиції електротермічного впливу до моменту отримання ультразвукових ознак оклюзії.

Після закінчення ЕВЕЗ виконували заплановані додаткові етапи оперативного втручання — мініфлебектомію, пункційну ехо-склерооблітерацію приток і перфорантних вен. Операцію завершували виконанням еластичної компресії кінцівки з підсилюванням по ходу облітерованих вен.

Одразу після закінчення операції пацієнтів заохочували до самостійної активної ходи. Протягом першої доби після втручання для усунення больового синдрому застосовували



**Рис. 12.** Ультразвукова візуалізація процесу ендовенозного електрозварювання в В-режимі: робоча частина інструмента розташована в розширеному сегменті великої підшкірної вени стегна



**Рис. 13.** Ультразвукове сканування в В-режимі великої підшкірної вени стегна:  
А — до операції; Б — на 2-гу добу після ендовенозного електрозварювання

таблетовані або ін'єкційні форми ненаркотичних аналгетиків та протизапальних препаратів. Також, з 1-ої доби призначали препарати мікронізованої фракції флавоноїдів (МОФФ) та еластичну компресію кінцівки терміном до 1 міс.

Більшість оперативних втручань (81 (79,8 %)) було виконано під місцевим знеболюванням, решту — під спінальною та регіонарною анестезією.

Усі пацієнти після місцевого знеболювання розпочали активну ходу одразу після закінчення операції. У пацієнтів після регіонарної та спінальної анестезії відновлення рухової активності спостерігали через 15–30 хв після закінчення операції.

При огляді наступної доби після операції у більшості пацієнтів відзначено помірну гіперемію та інфільтрацію в проекції ВПВ на стегні та гомілки, що супроводжувалося незначною болючістю при пальпації. При повторному огляді на 7-му добу помірні ознаки запалення зберігалися лише у 19 (18,3 %) випадках. На 14-ту добу після операції ознаки запалення шкіри не спостерігали в жодному випадку.

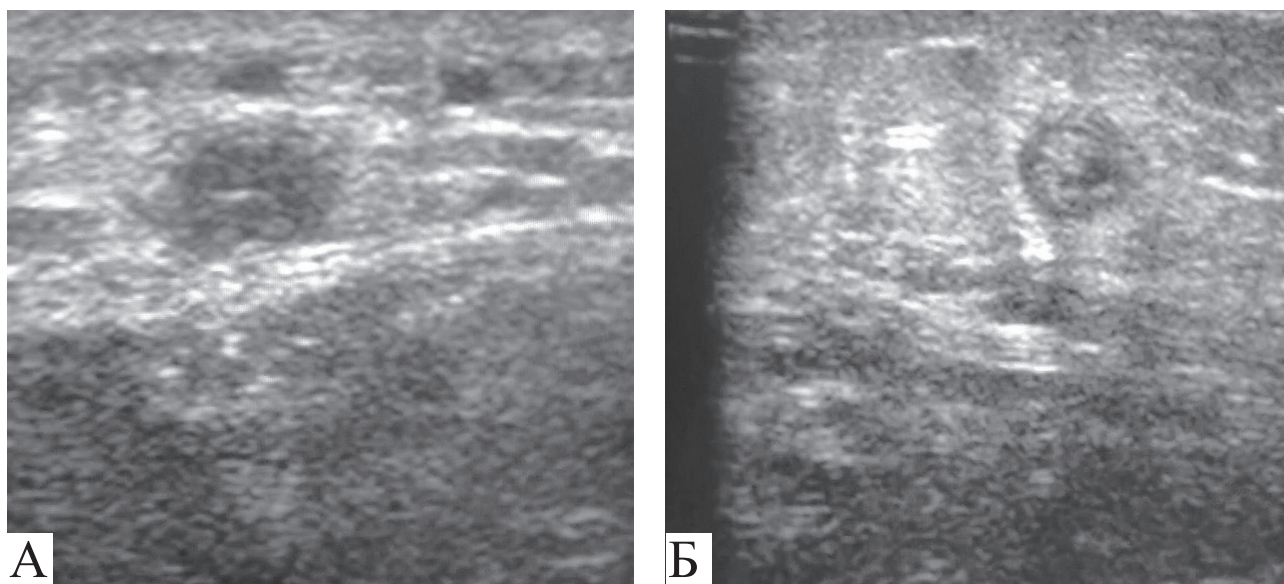
Більшість (73 (70,2 %)) пацієнтів було виписано із стаціонару наступної доби після операції. Дев'ять пацієнтів із С6 класом ВХ перебували у лікарні 3–5 діб у зв'язку з лікуванням активних трофічних виразок гомілок.

При оцінці інтенсивності післяопераційного больового синдрому у більшості випадків (63 (60,7 %)) відзначено помірний біль (1–3 бали за ЦРШ), у 27 (26,0 %) — середній (4–6 балів). У 14 (13,46 %) пацієнтів післяопераційний біль був відсутній.

Ускладнення в ділянках післяопераційних ран у всіх пацієнтів були відсутні, тому антибактеріальну терапію призначили лише у 9 випадках для лікування некротично-запальних явищ у ділянках трофічних виразок.

Відомо, що розвиток і тяжкість ускладнень після ендовенозних втручань пов'язані з термічним впливом на жирову клітковину, шкіру, нервові стовбури, лімфатичні судини та елементи крові, які опинилися в паравазальному просторі внаслідок тумесцентної анестезії або ураження венозної стінки [4, 7, 13]. Ускладнення, пов'язані з впливом ЕВЕЗ, розподілили на легкі (екхімози (18 (17,3 %)), парестезії (22 (21,2 %)), гіперпігментації (32 (30,8 %)) та індурації тканини по ходу облітерованих вен), які не потребували додаткового лікування, і тяжкі (тромбофлебіт (4 (3,8 %)) та опіки шкіри (3 (2,9 %)), для усунення яких проводили додаткове втручання і/або медикаментозне лікування.

Більшості легких ускладнень не впливали на результати лікування та самостійно зникали в термін від 7 діб до 2 міс після операції. Розвиток тяжких ускладнень найчастіше спостерігали через 2–5 діб після операції. У 3 ви-



**Рис. 14.** Ультразвукове сканування в В-режимі великої підшкірної вени стегна:  
 А — через 1 міс після ендовенозного електрозварювання; Б — через 2 міс

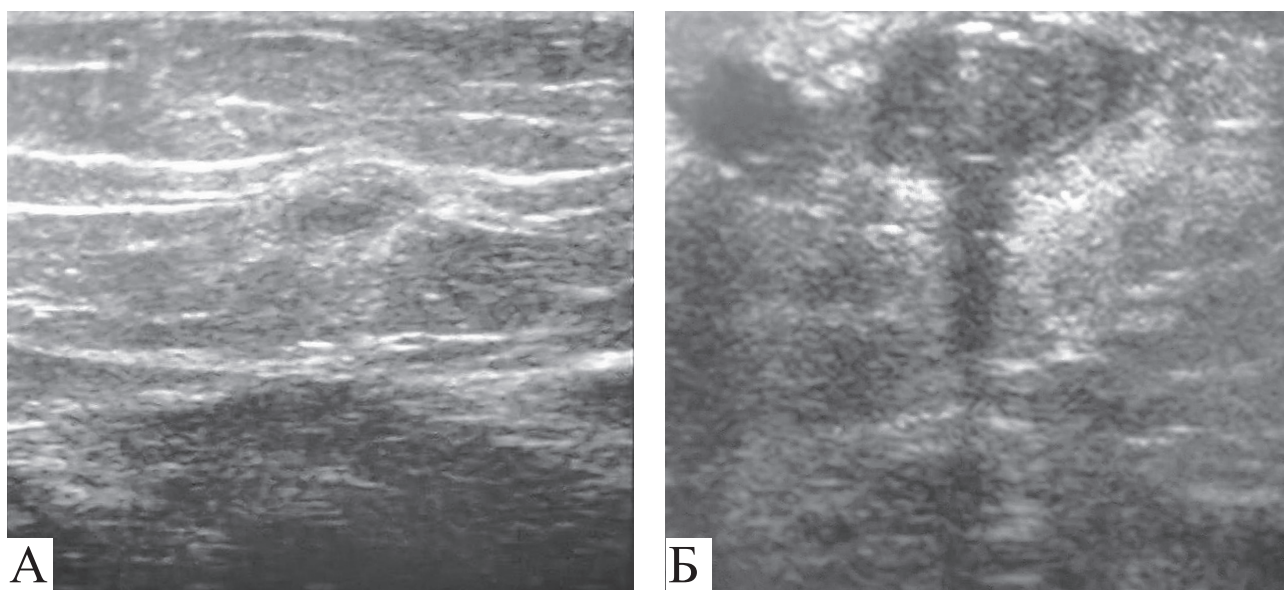
падках опіку шкіри та у 2 — тромбофлебіту було проведено медикаментозне і місцеве лікування. Додаткове втручання, веноцентез з видаленням тромботичних мас виконано у 2 випадках тромбофлебіту ВПВ. Тривалість регресу тяжких ускладнень, з урахуванням додаткового лікування, не перевищувала 14 діб.

При оцінці анатомічного результату втручання за даними ультразвукового сканування на 2-гу, 7-му та 14-ту добу зміни у ВПВ у всіх пацієнтів були подібними: в зменшення діаметра вен (рис. 13) та їх обтурація масами переважно гіперехогенної ехо-структури з різким

потовщенням венозної стінки. Ознаки кровотоку по ВПВ, зокрема у вертикальному положенні, не виявлялися.

Через 1 міс після оперативного втручання у більшості випадків спостерігали ознаки стійкої оклюзії та початкового фіброзу ВПВ, через 2 міс переважали ознаки фіброзних змін судини (рис. 14).

Задовільний результат лікування у вигляді ультразвукових ознак стійкої оклюзії та фіброзної трансформації ВПВ через 12 міс після оперативного втручання (рис. 15) зафіксували у 97 (93,3 %) випадках.



**Рис. 15.** Ультразвукове сканування в В-режимі сегментів великої підшкірної вени стегна через 12 міс після ендовенозного електрозварювання: А — нижня третина стегна;  
 Б — верхня третина стегна

Реканалізацію з розвитком рефлюксу виявлено лише у 7 (6,7 %) випадках. Найбільшу частоту реканалізації спостерігали у пацієнтів із С5 і С6 клінічними класами ВХ (таблиця).

### Обговорення

Дані візуальних спостережень при клінічній апробації та впровадженні методу ЕВЕЗ, ультразвукового контролю, динаміка електричних параметрів зварювання і характер гістологічних змін у венах були подібними до експериментальних даних.

При клінічному застосуванні виявлено певні переваги методу ЕВЕЗ. Оклюзія ВПВ спостерігалася одразу після закінчення енерго впливу, про що свідчили ультразвукові ознаки (спазм вени, обтурація її просвіту, відсутність кровотоку) та неможливість повторного проведення інструменту у зворотному напрямку. Вплив ЕВЕЗ чітко візуалізувався на екрані ультразвукового сканера в різних площинах сканування, що значно спрощувало моніторинг і контроль ефективності втручання. Введення спеціалізованого ендовенозного інструменту завдяки його конструктивним особливостям не спричинило технічних труднощів і не супроводжувалося перфорацією вени в жодному випадку. Збільшення зони протікання струму внаслідок додавання фізіологічного розчину дало змогу в усіх випадках ефективно виконати ЕВЕЗ у сегментах ВПВ, діаметр яких перевищував калібр робочої частини інструменту. Зокрема спостерігали розвиток стійкої оклюзії

в 11 випадках при діаметрі сегментів ВПВ понад 20 мм.

Порівняльний аналіз отриманих нами даних та результатів застосування ЕВЛК і РЧА, наведених у джерелах літератури, не виявив істотних відмінностей щодо частоти розвитку стійкої оклюзії ВПВ у термін спостереження до 1 року [4, 13, 24], інтенсивності післяопераційного болю, частоти і тяжкості ускладнень [4, 7, 13].

Принциповими відмінностями між запропонованим нами методом та ЕВЛК і РЧА є температурний режим енергетичного впливу та алгоритм керування процесом облітерації. При проведенні РЧА температура венозної стінки становить 120 °С, а при ЕВЛК — 400–450 °С, причому на рівні зрізу світловоду температура може становити понад 1000 °С [4, 5, 22, 23, 24]. Алгоритм керування процесом РЧА реалізується за рахунок апаратного контролю шляхом обмеження температури та часу нагріву робочої частини катетера [7, 24]. На відміну від РЧА параметри енергетичного впливу ЕВЛК не регулюються автоматично. Ефективність і безпечність втручання потребують від хірурга в кожному випадку ретельного розрахунку для дозування енергетичного впливу з урахуванням довжини хвилі випромінювання, типу світловоду, діаметра вени, режиму, потужності та швидкості екстракції світловоду [7, 13, 20]. У сучасних наукових джерелах відсутні чіткі дані щодо переваг застосування певного виду випромінювання і типу світловоду [4, 13, 20]. Також відсутні

**Таблиця.** Анатомічні результати клінічного застосування методу ендовенозного електрозварювання у пацієнтів з різними клінічними класами варикозної хвороби (термін спостереження – 12 міс)

| Клас ВХ за СЕАР | Кількість операцій | Оклюзія, фіброзна трансформація | Реканалізація, рефлюкс |
|-----------------|--------------------|---------------------------------|------------------------|
| С2              | 21                 | 20 (95,2 %)                     | 1 (4,8 %)              |
| С3              | 41                 | 38 (92,7 %)                     | 3 (7,3 %)              |
| С4              | 20                 | 19 (95,0 %)                     | 1 (5,0 %)              |
| С5              | 13                 | 12 (92,3 %)                     | 1 (7,7 %)              |
| С6              | 9                  | 8 (88,9 %)                      | 1 (11,1 %)             |
| <b>Усього</b>   | <b>104</b>         | <b>97 (93,3 %)</b>              | <b>7 (6,7 %)</b>       |

загально визнані схеми розрахунку кількості лазерної енергії для ефективного і безпечного впливу, особливо у разі нелінійного характеру розширення ВПВ [4, 13, 20, 25]. У наукових оглядах наведено широкий діапазон енергетичних режимів проведення ЕВЛК — від 16 до 200 Дж/см [20, 25]. Тому існує думка, що в більшості випадків вибір енергетичних параметрів проведення ЕВЛК має емпіричний характер та здійснюється на основі досвіду хірурга [4, 11, 13, 20].

У запропонованому нами методі ЕВЕЗ контроль енергетичного впливу здійснюється на підставі структурних змін вени, які супроводжуються відповідною динамікою електричних параметрів зварювання. Температура процесу не перевищує 85 °С, а негативний термічний вплив не поширюється за межі вени. Ці умови забезпечують денатурацію і коагуляцію білків крові та венозної стінки і мінімізують ушкодження паравазальних тканин.

Обсяг проведеного дослідження, обмежена кількість оперативних втручань і короткий термін спостереження не дає змоги однозначно стверджувати, що метод ЕВЕЗ є оптимальним. Питання щодо частоти розвитку рецидиву ВХ у більш віддалені терміни спостереження потребує проведення тривалого проспективного дослідження. Методи ЕВЛК і РЧА мають певні технологічні переваги, які дають змогу застосовувати ендовенозні інструменти крізь проколи шкіри та проводити втручання без використання розрізів. Однак на нашу думку, метод ЕВЕЗ є перспективним для широкого застосування завдяки простому алгоритму керування, відсутності необхідності додатково налаштовувати параметри та безпечнішому енергетичному впливу, який не потребує використання тумесцентної анестезії. Ще однією перевагою методу є значне скорочення економічних витрат за рахунок використання вітчизняного обладнання.

Апарат ЕК-300М — багатофункціональний генератор, який можна застосовувати під

час будь-яких хірургічних втручань. Його перевагами є зручність управління, простота і надійність в експлуатації. Базовий комплект електрозварювальних інструментів надає широкі можливості для виконання гемостазу, роз'єднання і з'єднання тканин у ручному та автоматичному режимах.

## Висновки

1. Метод ендовенозного електрозварювання з визначеними в експерименті параметрами чинить ефективний та безпечний вплив на венозну судину, забезпечує надійну оклюзію великої підшкірної вени.

2. Порівняно низький температурний режим зварювання та відсутність поширення негативного термічного впливу ендовенозного електрозварювання за межі вени дають змогу виконувати втручання без проведення тумесцентної анестезії.

3. Додавання фізіологічного розчину в ділянку зварювання розширює зону електротермічного впливу та дає змогу проводити ендовенозне електрозварювання вени, діаметр якої значно перевищує калібр робочої частини інструменту.

4. Результати клінічного застосування методу ендовенозного електрозварювання під час спостереження через 1 рік не мають істотних відмінностей від результатів застосування інших методів ендовенозної термічної облітерації.

**Перспективи подальших досліджень.** Продемонстровані ефективність ендовенозного електрозварювання в експериментальних та клінічних умовах, характер біофізичних процесів, їх стадійність і взаємозв'язок, на нашу думку, є основою для подальших досліджень з метою вдосконалення методу шляхом розробки алгоритму автоматичного керування в кожному випадку. Це дасть змогу виключити суб'єктивні критерії дозування та оцінки енерговпливу і значно поліпшити якість ендовенозного втручання.

## Список літератури

1. Алагулов А.А. Отдаленные результаты после эндовазальной электрокоагуляции в лечении больных с варикозной болезнью / А.А. Алагулов, А.Н. Беляев // *Ангиология и сосудистая хирургия: Материалы XXVIII междунар. конф. Рос. о-ва ангиологов и сосудистых хирургов* ( 28–30 июня 2013 г., Новосибирск) – 2013. – Т. 19, № 2. – С. 9–10.
2. Беляев А.Н. Особенности повреждения венозной стенки при эндовазальной электрокоагуляции большой подкожной вены / А.Н. Беляев, А.А. Алагулов // *Флебол.* – 2013. – № 1. – С. 36–41.
3. Биофизические эффекты применения высокочастотной электросварки мягких тканей и перспективы их использования в хирургической практике / С.С. Подпрятков, С.Е. Подпрятков, А.А. Вазина [и др.] // *Материалы IV семинара с междунар. участием «Новые направления исследований в области сварки живых мягких тканей».* – К., 2009. – С. 5–9.
4. Гудз І.М. Дискусійні питання ендовенозної лазерної абляції при лікуванні хворих на варикозну хворобу / І.М. Гудз // *Клін. флебол.* – 2015. – Т. 8, № 1. – С. 17–18.
5. Илюхин Е.А. Обоснование режимов применения эндоваскулярных методов в хирургическом лечении варикозной болезни: Дис. ... канд. мед. наук / Илюхин Евгений Аркадиевич. – СПб, 2014. – 115 с.
6. Ларин С.И. Случай эмболии легких инородным телом после выполнения эндовазальной лазерной облитерации по поводу варикозной болезни / С.И. Ларин // *Флебол.* – 2008. – № 2. – С. 64–65.
7. Механизм эндовенозной лазерной облитерации: новый взгляд / Ю.Л. Шевченко, Ю.М. Стойко, К.В. Мазайшвили, Т.В. Хлевцова // *Флебол.* – 2011. – № 1. – С. 46–50.
8. Опыт применения отечественной высокочастотной электросваривающей технологии в хирургическом лечении больных с абдоминальной патологией / А.М. Бабий, Б.Ф. Шевченко, В.М. Рагчик, Д.Д. Кункин // *Гастроэнтерол.* – 2014. – № 2 (52). – С. 61–68.
9. Пат. України на корисну модель, МПК (2015) А61В17/12 (2006.01) А61В18/12 (2006.01). Спосіб облітерації великої підшкірної вени / Паламарчук В.І., Горбовець В.С., Ходос В.А., Балацький Р.О., Бондаренко Ю.І.; патентовласник Національна медична академія післядипломної освіти імені П.Л. Шупика. – № 100169; заявл. 12.02.15; опубл. 10.07.15, Бюл. № 13.
10. Патон Б.Е. Электрическая сварка мягких тканей в хирургии / Б.Е. Патон // *Автомат. сварка.* – 2004. – № 9. – С. 7–11.
11. Савельев В.С. Флебология / В.С. Савельев, В.А. Гологорский, А.И. Кириенко. – М.: Медицина, 2001. – 664 с.
12. Система автоматического регулирования процесса биполярной высокочастотной сварки мягких биологических тканей / Е.Н. Байштрук, Ю.Н. Ланкин, П.П. Осечков [и др.] // *Сварка и термическая обработка живых тканей. Теория. Практика. Перспективы: Материалы 9-й междунар. науч.-практ. конф.* / Под ред. Г.С. Маринского. – К.: ИЭС имени Е.О. Патона НАН Украины, 2014. – 68 с.
13. Соколов А.Л. Лазерная облитерация вен для практических врачей / А.Л. Соколов, К.В. Лядов, М.М. Луценко. – М.: Медпрактика-М, 2011.
14. Тканесохраняющая высокочастотная электросварочная хирургия: Атлас / Под ред. Б.Е. Патона и О.Н. Ивановой. – К.: Наук. думка, 2009. – 200 с.
15. Фурманов Ю.А. Изучение метода электросварки органов и тканей на моделях клинических операций в эксперименте / Ю.А. Фурманов, И.М. Савицкая, О.А. Гейленко // *Вестн. хирургии имени И.И. Грекова.* – 2012. – № 1. – С. 75–79.
16. Хирургическое лечение больных с варикозной болезнью нижних конечностей. Эволюция проблемы. Прошлое и настоящее / Л.А. Бокерия, М.В. Михайличенко, С.И. Прядко [и др.] // *Анналы хирургии.* – 2014. – № 4. – С. 5–12.
17. Чернуха Л.М. Проблемы варикозной болезни сегодня. Наиболее дискуссионные вопросы / Л.М. Чернуха, А.А. Гуч, А.О. Боброва // *Хірургія України.* – 2010. – № 1. – С. 42–49.
18. Шевченко Ю.Л. Основы клинической флебологии / Ю.Л. Шевченко, Ю.М. Стойко, М.И. Лыткин. – М.: Медицина, 2005. – 312 с.
19. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of minimally invasive techniques to manage varicose veins: a systematic review and economic evaluation / C. Carroll, S. Hummel, J. Keaviss [et al.] // *Health Technol. Assessment.* – 2013. – Vol. 17(48). – P. 1040–1052.
20. Darwood R.J. Endovenous laser treatment for uncomplicated varicose veins / R.J. Darwood, M.J. Gough // *Phlebol.* – 2009. – Vol. 24, suppl 1. – P. 50–61.
21. Deep venous thrombosis following radiofrequency ablation of greater saphenous vein: a word of caution / A. Hingorani, E. Ascher, N. Markevich [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2004. – Vol. 40, N 3. – P. 500–504.
22. Endovenous laser ablation: an experimental study on the mechanism of action / B.C. Disselhoff, A.I. Rem, R. Verdaasdonk [et al.] // *Phlebol.* – 2008. – P. 69–76.
23. Roth S.M. Endovenous radiofrequency ablation of superficial and perforator veins / S.M. Roth // *Surg. Clin. N. Am.* – 2007. – Vol. 87, N 5. – P. 1267–1284.
24. Three-year European follow-up of endovenous radiofrequency powered segmental thermal ablation of the great saphenous vein with or without treatment of calf varicosities / T.M. Proebstle, J. Alm, O. Göckeritz [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 2011. – Vol. 54, N 1. – P. 146–152.
25. Vuylsteke M. Endovenous laser treatment of saphenous vein reflux: how much energy do we need to prevent recanalization? / M. Vuylsteke // *Vasc. Endovasc. Surg.* – 2008. – Vol. 42, N 2. – P. 141–149.

## References

1. Alagulov AA, Beljaev AN Otdalennye rezultaty posle endovazalnoy elektrokoagulyatsii v lechenii bolnykh s varikoznoy boleznju (Rus) In: Materialy XXVIII mezhdunarodnoy konferencii Rossijskogo obshchestva angiologov i sosudistyh hirurfov, 28-30 juny 2013, Novosibirsk Angiologiya i sosudistaja hirurgija (Rus). 2013;19, 2:9-10.
2. Belyaev AN, Alahulov AA Osobennosti povrezhdeniya venoznoy stenki pri endovazalnoy elektrokoagulyatsii bolshoy podkozhnoy veny (Rus) Flebologiya (Rus) 2013; 1: 36-41.
3. Podpryatov S.S i dr. Biofizicheskie efekty primeneniya vysokochastotnoy elektrosvarki myahkikh tkaney i perspektivy ikh ispolzovaniya v khirurgicheskoy praktike (Rus) In: Materialy IV seminaru s mezhdunarodnym uchastiem «Novye napravleniya issledovaniya v oblasti svarki zhivykh myahkikh tkaney» (Rus). Kyiv, 2009:5-9.
4. Hudz I.M. Diskusiyi pytannya endovenoznoy lazernoy ablyatsii pry likuvanni khvorykh na varykoznuyu khvorobu (Ukr) Klinichna flebologiya (Ukr). 2015;8,1:17-18.
5. Ilyukhin EA. Obosnovanye rezhimov primeneniya endovaskulyarnykh metodov v khirurgicheskoy lechenii varikoznoy boleznii (Rus) Avtoref. thesis. Sankt-Petersburg, 2014:115.
6. Larin S.I. Sluchay embolii lehkikh inorodnym telom posle vypolneniya endovazalnoy lazernoy oblitteratsii po povodu varikoznoy boleznii (Rus) Flebologiya (Rus). 2008;2:64-5.
7. Shevchenko YuL, Stoyko YuM, Mazayshvyly KV, Khlevtova TV. Mekhanizm endovenoznoy lazernoy oblitteratsii: novyy vzhlyad (Rus) Flebologiya (Rus). 2011;1: 46-50.
8. Babiy AM, Shevchenko BF, Ratchyk VM, Kunkyn DD. Opyt primeneniya otechestvennoy vysokochastotnoy elektrosvarivayushey tekhnologii v khirurgicheskoy lechenii bolnykh s abdomynalnoy patologiyey (Rus) Gastroenterolohiya (Ukr). 2014;2 (52):61-8.
9. Palamarchuk VI, Horbovets VS, Khodos VA, Balatskiy RO, Bondarenko YuI. Sposib oblitteratsii velykoy pidshkirnoy veny (Ukr). Patent Ukrayiny na korysnu model N 100169. MPK (2015) A61B17/12 (2006.01) A61B18/12 (2006.01). Zayavl. 12.02.15, opubl. 10.07.2015, byul. N 13.
10. Paton BE. Elektricheskaya svarka myahkikh tkaney v khirurgii (Rus) Avtomaticheskaya Svarka (Rus). 2004;9:7-11.
11. Savelev VS, Holohorskiy VA, Kirienko AY. Flebologiya (Rus) M.: Meditsina, 2001:64.
12. Bayshtruk EN, Lankin YuN, Osechkov PP, Romanova YYu, Semykin VF, Sushiy LF. Sistema avtomaticheskogo reholirovaniya protsessa bipolyarnoy vysokochastotnoy svarki myahkikh biologicheskikh tkaney (Rus) Svarka i termicheskaya obrabotka zhivykh tkaney. Teoriya. Praktika. Perspektivy: materialy Devyatoy mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. (Rus) / Pod red. HS Marinskoho. Kyiv: YES im. EO Patona NAN Ukrayiny, 2014:68.
13. Sokolov AL, Lyadov KV, Lutsenko MM. Lazernaya oblitteratsiya ven dlya prakticheskikh vrachey (Rus). M.: Medpraktika-M, 2011.
14. Tkanesokhranyayuschaya vysokochastotnaya elektrosvarochnaya khirurgiya: Atlas (Rus) Pod red. BE Patona i ON Ivanovoy. Kyiv, Naukova dumka, 2009:200.
15. Furmanov YuA, Savitskaya YM, Heylenko OA. Izuchenie metoda elektrosvarki orhanov i tkaney na modelyakh klinicheskikh operatsiy v eksperimente (Rus) Vestnik khirurgii imeni II Grekova (Rus). 2012;1:75-9.
16. Bokeriya LA, Mikhaylichenko MV, Pryadko SY, Parikov MA, Kovalenko VY. Khirurgicheskoe lechenie bolnykh s varikoznoy boleznju nizhnikh konechnostey. Evolyutsiya problemy. Proshloe i nastoyashee (Rus) Annaly khirurgii (Rus). 2014;4:5- 12.
17. Chernukha LM, Huch AA, Bobrova AO. Problemy varykoznoy boleznii sehodnya. Naibolee diskussionnye voprosy (Rus) Khirurgiya Ukrayiny (Ukr). 2010;1:42-9.
18. Shevchenko YuL, Stoyko YuM, Lytkin MY. Osnovy klinicheskoy flebologii (Rus). M.: Meditsyna, 2005:312.
19. Carroll C., Hummel S, Keaviss J et al. Clinical effectiveness and cost-effectiveness of minimally invasive techniques to manage varicose veins: a systematic review and economic evaluation. Health Technology Assessment. 2013; 17(48). doi: 10.3310/hta17480.
20. Darwood RJ, Gough MJ. Endovenous laser treatment for uncomplicated varicose veins. Phlebology. 2009;24:50-61. doi: 10.1258/phleb.2009.09s006.
21. Hingorani A, Ascher E, Markevich N et al. Deep venous thrombosis following radiofrequency ablation of greater saphenous vein: a word of caution. J. Vasc. Surg. 2004;40,3:500-4.
22. Disselhoff BC, Rem AI, Verdaasdonk R et al. Endovenous laser ablation: an experimental study on the mechanism of action. Phlebology. 2008;23:69-76. doi:10.1258/.
23. Roth S.M. Endovenous radiofrequency ablation of superficial and perforator veins. Surg. Clin. N. Am. 2007;87,5:1267-84.
24. Proebstle TM, Alm J, Göckeritz O et al. Three-year European follow-up of endovenous radiofrequency-powered segmental thermal ablation of the great saphenous vein with or without treatment of calf varicosities. J. Vasc. Surg. 2011;54,1:46-52.
25. Vuylsteke M. Endovenous laser treatment of saphenous vein reflux: how much energy do we need to prevent recanalization? Vasc. Endovasc. Surg. 2008;42,2:141-9.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И КЛИНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНДОВЕНОЗНОЙ ЭЛЕКТРОСВАРКИ В ЛЕЧЕНИИ ВАРИКОЗНОЙ БОЛЕЗНИ

С.И. САВОЛЮК<sup>1</sup>, В.С. ГОРБОВЕЦ<sup>1,2</sup>, Н.Н. ГВОЗДЯК<sup>1</sup>, Д.Д. КУНКИН<sup>3</sup>,  
Н.Е. КРЕСТЯНОВ<sup>1</sup>, Р.А. ГЕРАЩЕНКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Национальная медицинская академия последипломного образования имени П.Л. Шупика, г. Киев

<sup>2</sup> Киевская городская клиническая больница № 8

<sup>3</sup> ООО «Свармед», г. Ирпень

**Цель работы** — изучить в эксперименте возможность применения технологии электро-сварки живых тканей в лечении варикозной болезни путем эндовенозной электросварки (ЭВЭС) большой подкожной вены (БПВ), определить ее оптимальные параметры для клинического применения; проанализировать результаты клинического применения метода ЭВЭС.

**Материалы и методы.** В качестве источника тока был использован аппарат для электрической сварки живых тканей ЕК-300М (Украина). Для подачи тока в просвет вены разработаны эндовенозные биполярные инструменты разного калибра. Воздействие ЭВЭС исследовали на экспериментальном стенде, оборудованном контактными термодатчиками, устройством регистрации электрических параметров сварки для мониторинга тока и напряжения и устройством видеорегистрации. Объектами исследования были удаленные сегменты БПВ с жировой клетчаткой. Метод ЭВЭС применен в лечении 82 пациентов с разными классами ВБ. Проведены оперативные вмешательства на 104 конечностях.

**Результаты.** Установлена эффективность воздействия ЭВЭС на сегменты БПВ в виде последовательных структурных изменений, которые зависели от мощности и экспозиции энергo-воздействия. Отмечена зависимость электрических параметров сварки от импеданса тканей на разных стадиях структурных изменений вены. Определены оптимальные параметры проведения ЭВЭС в эксперименте. Удовлетворительные результаты в виде стойкой окклюзии БПВ получены в 97 (93,3 %) случаях. По данным литературы, структура, количество и тяжесть осложнений существенно не отличались от таких при применении эндовенозной лазерной коагуляции и радиочастотной абляции.

**Выводы.** Метод ЭВЭС является эффективным и безопасным в отношении воздействия на венозный сосуд и обеспечивает надежную окклюзию БПВ. Сравнительно низкий температурный режим сварки и отсутствие распространения негативного термического влияния за пределы вены позволяют выполнять вмешательство без проведения тумесцентной анестезии. Добавление физиологического раствора в участок сварки расширяет зону электротермического влияния и позволяет проводить ЭВЭС вены, диаметр которой значительно превышает калибр рабочей части инструмента. Результаты через 1 год после клинического применения не имеют значимых отличий от таких при применении других методов эндовенозной термической облитерации.

**Ключевые слова:** варикозная болезнь, эндовенозная термическая облитерация, электрическая сварка живых тканей.



# THEORETICAL, EXPERIMENTAL AND CLINICAL ASPECTS OF ENDOVENOUS ELECTRIC WELDING IN VARICOSE VEIN TREATMENT

S.I. SAVOLUK<sup>1</sup>, V.S. HORBOVETS<sup>1,2</sup>, M.M. GVOZDIAK<sup>1</sup>, D.D. KUNKIN<sup>3</sup>,  
M.YU. KRESTIANOV<sup>1</sup>, R.A. GERASHCHENKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education, Kyiv

<sup>2</sup> Kyiv Municipal Clinical Hospital N 8

<sup>3</sup> LLC «SVARMED», Irpin

**Objective** — to study experimentally a possibility of using the technology of living tissue electric welding in the treatment of varicose veins by endovenous electric welding (EVEW) of v. saphena magna (VSM) and to determine its optimum parameters for clinical use; to obtain results of EVEW clinical application.

**Materials and methods.** A device for electric welding of living tissues EC-300M (Ukraine), was used as a current source. To supply the current into the vein lumen, specialized endovenous bipolar instruments of various sizes have been designed. EVEW impact was studied on experimental stand equipped with the contact thermal sensors, registration device for recording the electric welding parameters to monitor current and voltage, and video recording device. The object of the study was previously extracted segments of VSM with fatty tissue. EVEW method was used in the treatment of 82 patients with different VV severity classes. Surgery was performed on 104 limbs.

**Results.** Efficiency of EVEW impact on VSM segments was defined as a series of structural changes that depended on the electric influence power and exposure. A characteristic dependence of electrical welding parameters from tissue impedance at different stages of structural vein changes was noted. The optimal parameters of EVEW were determined in the experiment. Satisfactory results of treatment in terms of stable VSM occlusion were obtained in 97 (93.3 %) cases. According to the available scientific sources, a structure, number and severity of complications did not vary significantly from the results of endovenous laser coagulation and radiofrequency ablation.

**Conclusions.** EVEW with certain parameters defined in the experiment creates safe and effective influence on the venous vessel providing reliable VSM occlusion. The relatively low welding temperature mode and lack of EVEW adverse thermal effect spreading beyond the vein allow to perform an intervention without tumescent anesthesia. Saline solution adding in the area of welding extends a zone of electric influence and allows to apply EVEW on a vein with diameter significantly greater than the caliber of the tool working part. Results of clinical EVEW application within an observation period of 1 year demonstrate no significant differences from the results of the use of other thermal obliteration methods.

**Key words:** varicose veins, endovenous thermal obliteration, living tissue electric welding.