

**М. С. Опанасенко, Б. М. Конік, О. В. Терешкович, Є. М. Маєтний,
В. Є. Іващенко, Л. І. Леванда**
**ПЛАСТИКА КУПОЛА ДІАФРАГМИ ВНАСЛІДОК ЇЇ ПАРАЛІЧА:
СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ**

ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України»

**ПЛАСТИКА КУПОЛА ДІАФРАГМИ ВНАСЛІДОК ЇЇ ПАРАЛІЧА:
СУЧАСНИЙ ПОГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ**

**М. С. Опанасенко, Б. М. Конік, О. В. Терешкович,
Є. М. Маєтний, В. Є. Іващенко, Л. І. Леванда**

Резюме

Параліч діафрагми виникає як вроджена патологія або може бути набутим. Коли діафрагма денервована, вона може зазнати фіброзу, атрофії та некрозу. Параліч діафрагми часто є наслідком травми. Він може бути вторинним внаслідок кардіоторакальної хірургії, пошкодження корінців діафрагмального нерву та блокади шийного нерву, а також при видаленні пухлин грудної клітки, які врастають в діафрагмальний нерв (резекція en bloc). Демієлінізуючі розлади, вірусні інфекції та інші запальні процеси також можуть призвести до паралічу діафрагми. Найбільш поширеною скаргою у пацієнтів із симптомами є задишка. Плікація (пластика) діафрагми показана пацієнтам із тяжкою задишкою, які не дали позитивної відповіді на консервативні методи лікування. Існує багато хірургічних підходів до плікації діафрагми, включаючи відкритий торакальний, відкритий абдомінальний, мінімально інвазивний трансторакальний, мінімально інвазивний трансабдомінальний та роботизований. Відеоасистентна торакоскопічна хірургія є широко використовуваною технікою, пов'язаною з позитивними результатами, що підтверджується покращенням показників функції зовнішнього дихання після операції, меншою кількістю днів використання плеврального дренажу, зменшенням задишки, про яку повідомляють пацієнти, та коротким перебуванням у стаціонарі. Лапароскопічна плікація також є прийнятною технікою. Крім того, існує роботизований метод. Показано, що ці втручання покращують показники спірометрії та зменшують задишку. Наведена невелика кількість даних щодо відкритих абдомінальних операцій, і наразі їх недостатньо для оцінки ефективності. Відкриті торакальні плікації діафрагми асоціювалися з покращенням спірометрії, а також показників дихальної недостатності. Усі розглянуті хірургічні підходи є прийнятними для лікування паралічу діафрагми. Жодне оперативне втручання не вважається оптимальним, проте малоінвазивні підходи стали більш популярними. Успіх цих хірургічних методик значною мірою залежить від уподобань хірурга та рівня його досвіду.

Ключові слова: малоінвазивна торакальна і абдомінальна хірургія; роботизована хірургія; плікація; параліч діафрагми.

Укр. пульмонол. журнал. 2026;34(2):43–48.

Опанасенко Микола Степанович

Керівник відділення торакальної хірургії та інвазивних методів діагностики ДУ «Національний науковий центр фтизіатрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України».

Доктор медичних наук, професор,

10, М. Амосова, 03038, м. Київ, Україна.

E-mail: opanasenko@ifp.kiev.ua

<https://orcid.org/0000-0003-4071-2005>

**DIAPHRAGM PPLICATION AS A RESULT OF ITS PARALYSIS:
A MODERN VIEW OF THE PROBLEM**

**M. S. Opanasenko, B. M. Konik, O. V. Tereshkovich,
E. M. Mayetny, V. E. Ivashchenko, L. I. Levanda**

Abstract

Paralysis of the diaphragm occurs as a congenital pathology or can be acquired. When the diaphragm is denervated, it can undergo fibrosis, atrophy, and necrosis. Paralysis of the diaphragm is often the result of trauma. It can be secondary to cardiothoracic surgery, phrenic nerve root damage, and cervical nerve block, as well as removal of chest tumors encroaching on the phrenic nerve (en bloc resection). Demyelinating disorders, viral infections, and other inflammatory processes can also lead to diaphragmatic paralysis. Dyspnea is the most common complaint in symptomatic patients. Diaphragm plication (plasty) is indicated for patients with severe shortness of breath who have not responded positively to conservative treatment methods. There are many surgical approaches to diaphragm plication, including open thoracic, open abdominal, minimally invasive transthoracic, minimally invasive transabdominal, and robotic. Video-assisted thoracoscopic surgery is a widely used technique associated with positive outcomes, as evidenced by improved postoperative respiratory function scores, fewer pleural drain days, decreased patient-reported dyspnea, and shorter hospital stays. Laparoscopic plication is also an acceptable technique. There is also a robotic method. These interventions have been shown to improve spirometry and reduce dyspnea. There is a small amount of data on open abdominal surgery, and currently there is insufficient data to evaluate its effectiveness. Open thoracic diaphragmatic plications were associated with improved spirometry and respiratory failure scores. All considered surgical approaches are acceptable for the treatment of diaphragmatic paralysis. No surgical intervention is considered optimal, but minimally invasive approaches have become more popular. The success of these surgical techniques largely depends on the surgeon's preference and level of experience.

Keywords: minimally invasive thoracic and abdominal surgery; robotic surgery; plication; paralysis of the diaphragm

Ukr. Pulmonol. J. 2026;34(2):43–48.

Mykola S. Opanasenko

Head of the Thoracic Surgery and Invasive Methods of Diagnostics SO "National scientific center of phthisiology, pulmonology, and allergology named after F. G. Yanovsky NAMS of Ukraine"

MD.Sc., Professor,

10 Mykola Amosova St., Kyiv, 03038, Ukraine

E-mail: opanasenko@ifp.kiev.ua

<https://orcid.org/0000-0003-4071-2005>

Вступ

Плікація (пластика) діафрагми (ПД) — це оперативне втручання для лікування вродженої або набутої евентрації та паралічу діафрагми [6]. Денервована діафрагма може зазнати фіброзу, атрофії та некрозу [21]. При ПД уражений купол опускається до більш типового анатомічного положення, і він більше не рухається під час вдиху [30]. Багато пацієнтів з паралічем діафрагми можуть бути асимптоматичними, і діагноз часто встанов-

люється випадково [37]. Найбільш поширеною скаргою у пацієнтів із симптомами є задишка. ПД показана пацієнтам із важкою задишкою, які не дали позитивної відповіді на консервативні методи лікування [37].

Параліч діафрагми часто є наслідком травми (в тому числі бойової). Він може виникати при кардіоторакальних операціях, пошкодженні корінців діафрагмального або блокади шийного нервів [10, 14, 44, 48], видаленні пухлин грудної клітки, які врастають в діафрагмальний нерв (резекція en bloc) [22, 33]. Демієлінізуючі розлади, вірусні інфекції та інші запальні процеси також можуть призвести до паралічу діафрагми [33].

www.search.crossref.org

DOI: 10.31215/2306-4927-2026-34-2-43-48

Анатомія діафрагми

Діафрагма є анатомічною м'язовою структурою між черевною і грудною порожнинами з прикріпленнями до грудини, мечоподібного відростка, ребер, дугоподібних зв'язок і частин хребців [4, 6]. Вона містить кілька отворів, через які проходять нижня порожниста вена, страховід та аорта. Іннервується діафрагмальним нервом, який має корінці в С3, С4 і С5 [4, 6]. Діафрагмальний нерв проходить каудально в задній трикутник шиї, через драбинчасті м'язи, уздовж перикарда і входить в діафрагму, яка отримує основне кровопостачання від перикардіофренальної артерії [31].

Денервація або ідіопатичне підняття купола діафрагми призводить до задишки через зниження її скорочувальної сили. У хронічно розслабленому положенні уражений купол діафрагми зміщується в геміторакс, викликаючи стиснення іпсилатеральної легені протягом усіх фаз дихального циклу. Під час вдиху внутрішньочеревний тиск підвищується внаслідок каудального зміщення здорового купола діафрагми [6, 21]. Підвищення тиску призводить до подальшого контралатерального зміщення ураженого купола. З часом денервована діафрагма може стати фіброзною, некротичною, задишка може посилитися, а у пацієнтів розвинути дихальна недостатність [21].

Причини паралічу діафрагми

Виділяють такі групи етіологічних факторів, що ведуть до паралічу діафрагми [21, 37]:

- Порушення ембріогенезу. Вроджений параліч діафрагми нерідко поєднується з іншими вадами розвитку внутрішніх органів.
- Пошкодження діафрагмального м'яза. Буває запального та травматичного характеру. Розрізняють самостійне запалення (діафрагматит) та вторинне ураження діафрагми.
- Параліч діафрагмального нерву. Виникає при різноманітних порушеннях іннервації діафрагми. До ушкодження нерву призводять травматичні процеси, зокрема при хірургічних втручаннях.

Патогенез паралічу діафрагми

При вродженій аномалії виявляється практично повна відсутність м'язової тканини. Тонка діафрагма складається з плевральних та перитонеальних листків. При набутій патології спостерігається дистрофія м'язів різного ступеня вираженості. Відсутність м'язового тону призводить до втрати частини функціональних здібностей діафрагмального склепіння. Через різницю тиску в грудній та черевній порожнинах внутрішні органи розтягують діафрагму, сприяють її повному або частковому випинанню в ділянку грудної клітки.

Патологічний процес супроводжується здавленням легені та розвитком ателектазу зі зміщенням середостіння в протилежну сторону [10, 12, 14, 44, 48]. При лівобічному паралічу виникають завороти шлунку, селезінкового вигину товстої кишки, з'являються перегиби стравоходу, кровоносних судин підшлункової залози та селезінки, що призводять до ішемії цих органів. Параліч правого купола може викликати деформацію печінки.

Класифікація паралічу діафрагми

Патологічні зміни внутрішніх органів та порушення їх функцій залежать від причин, поширеності та локалізації випинання діафрагми. За часом виникнення та етіологічними факторами релаксація діафрагми ділиться на вроджену та набуту. Процес може розташовуватися праворуч або ліворуч, буває тотальним або частковим. Залежно від клінічного перебігу виділяють 4 варіанти релаксації діафрагмального склепіння [16]:

1. Безсимптомний. Прояви хвороби відсутні. Параліч виявляється випадково при рентгенографії грудної клітки.
2. Зі стертими клінічними симптомами. Пацієнт зазвичай не надає значення непостійним, слабо вираженим симптомам хвороби.
3. З розгорнутою клінічною картиною. Виявляється різноманітна симптоматика, яка залежить від ступеня ушкодження дихальної, травної та серцево-судинної систем.
4. Ускладнений. Характеризується розвитком серйозних ускладнень.

Симптоми паралічу діафрагми

Клінічні прояви паралічу діафрагми різноманітні [1, 3, 10, 25, 39, 41]. Симптоми найбільш виражені при вродженій патології. Обмежена релаксація ділянки діафрагми може протікати латентно або з мінімальними скаргами. За тотальної відсутності тону діафрагми захворювання супроводжується респіраторним (задишка, сухий непродуктивний болісний кашель при невеликому фізичному навантаженні або зміні положення тіла після прийому їжі), кардіоваскулярним (тахікардія, порушення серцевого ритму роботи, відчуття серцебиття) та диспепсичними (гострий біль в епігастральній ділянці, який виникає після їжі; печія; гикавка; відрижка; нудота; метеоризм та періодичні запори) симптомами. Більшість пацієнтів мають загальні скарги на епізоди слабкості, невмотивоване зниження ваги.

Ускладнення при паралічу діафрагми

Ателектаз з розвитком пневмонії, завороти шлунку, кишківника, виразкові процеси, кровотечі [1, 3, 10, 25, 39, 41]. Окремі автори описують можливість виникнення гангрени шлунку [17].

Діагностика паралічу діафрагми

Огляд. Іноді візуально вдається визначити парадоксальний рух одного з діафрагмальних куполів. Є позитивним симптом Гувера — підйом однієї з реберних дуг і зміщення назовні при глибокому вдиху.

Перкусія. Визначається розширення краніально піддіафрагмального простору Траубе — нижня межа легені знаходиться на рівні II–IV ребра. Межі абсолютної та відносної серцевої тупості зміщуються у протилежний бік.

Аускультія. У базальних відділах легень вислуховується ослаблене дихання. У нижній частині грудної клітки спереду можна почути кишкову перистальтику, шум плескоту.

Функціональні дослідження. Спірометрія дозволяє виявити рестриктивні порушення функції зовнішнього дихання — значне зниження життєвої ємності легень

[16]. На ЕКГ визначаються уповільнення внутрішньошлункової провідності, екстрасистоля, ознаки ішемії міокарда [18, 19].

Променева діагностика. На рентгенограмі візуалізується високе розташування одного з куполів діафрагми (рівень II–V ребра) [23]. При рентгеноскопії виявляється парадоксальний рух діафрагмального склепіння. Комп'ютерна томографія органів грудної порожнини найточніше визначає ступінь паралічу, допомагає розпізнати вторинну патологію внутрішніх органів [17, 21, 37, 39].

Показання для виконання ПД

Асимптоматичні пацієнти не потребують оперативного втручання [5, 9, 14, 48]. Для пацієнтів із симптомами слід досліджувати ступінь дихальної недостатності, і як вона впливає на якість життя та бажану діяльність. Слід також звернути увагу на тривалість задишки. Рішення про застосування ПД залежить від ступеня задишки, яку можна оцінити за шкалою медичної дослідницької ради (MRC) [1, 7, 10, 35, 38, 45].

Пацієнти, які нещодавно перенесли пошкодження діафрагмального нерву або інсульт (від 6 місяців до року), мають деякий час спостерігатися, щоб визначити чи відновлюється у них нерв, чи симптоми стають менш помітними з часом. Якщо консервативні методи не дають результатів, і у пацієнта зберігаються симптоми, слід розглянути можливість застосування ПД [37].

Види операційних втручань при ПД

Відеоасистентна торакаоскопічна хірургія (VATS) є широко використовуваною малоінвазивною альтернативою відкритій ПД. Доступні численні інформаційні відеоуроки [13, 15, 26, 27, 40]. Описано інші мінімально інвазивні підходи з використанням однопортової VATS ПД [40]. Існує методика, при якій використовується відеопідтримка та інсуфляція CO₂, щоб переконатися, що піднята діафрагма не була пошкоджена під час проникнення в грудну клітку [11]. Даний метод знижує ймовірність порушення очеревини (проникнення в черевну порожнину і прокол порожнистих органів). Це досягається за допомогою техніки ендостівного шву та рухомого ендозахвату [11]. У дослідженні, порівняно з відкритою торакотомією, було показано, що VATS є реальною та безпечною альтернативою [41]. У пацієнтів, які отримували ПД з приводу параліча діафрагми, яка призвела до зміщення середостіння та дихальної недостатності, VATS асоціювалася зі скороченням перебування в лікарні [41]. Проте у меншій кількості пацієнтів, яким виконувалася VATS, задишка зникла порівняно з тими, кому здійснювалася відкрита торакотомія [41]. Крім того, пацієнти, яким проводилася VATS, мали більшу тривалість перебування у відділенні інтенсивної терапії [41].

VATS асоціюється зі значним покращенням показників спірометрії [8, 9, 26]. В одному ретроспективному дослідженні, в яке було включено 18 пацієнтів, доведено, що використання одного опорного та двошарового, поворотного шва з додатковими горизонтальними укріплюючими матрацними швами, було досягнуто збільшення ОФВ₁ і ФЖЕЛ [8, 9]. Пацієнти в цьому дослідженні також відчували зменшення відчутної задишки та покращення показників DLCO [8, 9]. У пацієнтів в іншій серії випадків, які отримали VATS, було відмічено середнє підвищення ОФВ₁ і ФЖЕЛ на 540 і 776 мл відповідно [26]. У цих пацієнтів середнє перебування в стаціонарі було 3,2 дня та відмічено зменшення ступеню післяопераційного болю [26]. Під час порівняння лівобічної та правобічної ПД не було відмінностей у покращенні показників спірометрії [26]. У ретроспективному дослідженні проведення VATS з мініторакотомією показало покращення показників спірометрії, які залишалися стабільними протягом одного року після операції [39].

У пацієнтів, які отримали однопортову VATS, після травматичного паралічу діафрагми, дренажі видаляли між 3 і 8 днями після операції. Лише в одного пацієнта був післяопераційний плевральний випіт, який поступово розсмоктався. Усі хворі залишалися безсимптомними, у жодного не спостерігалось рецидиву протягом тринадцяти місяців спостереження [51]. В іншому дослідженні, що оцінювало двопортову VATS у 12 пацієнтів, відмічено повне зникнення симптомів після ПД в усіх спостереженнях. Також не було випадків рецидиву [29]. У пацієнтів, які були включені в це дослідження, відмічено значне покращення ОФВ₁ і ФЖЕЛ після ПД (спостереження до 5 років після операції). Однак не було виявлено різниці в значеннях показників газів крові до та після операції. При такій методиці хірургічного втручання з подвійним портом не було потреби в розширенні ребер. Дану методику можна застосовувати, якщо візуалізація операційного поля є неоптимальною, хоча вона часто є причиною значного післяопераційного болю. Тому її слід уникати, якщо це можливо [29].

Подібні результати спостерігалися в дослідженні, в якому оцінювали результати застосування ПД у 41 пацієнта [16]. Хворі, яким була виконана ПД з трипортовою VATS або торакотомією, відчували зниження балів MRC на 2 одиниці, покращення FVC (+19 %), FEV₁ (+23 %), функціональної залишкової ємності (+21 %) і TLC (+19 %). Дев'яносто один відсоток пацієнтів, хто висловив зацікавленість у поверненні до роботи, змогли це зробити після ПД. Пацієнти, які перенесли ПД, мали постійне зменшення симптомів і підвищення показників функції дихання під час спостереження через 4 роки після операції, і в жодного з них не було відмічено пошкодження або розриву місця пластики [16]. Також було оцінено корисність обмеження кількості портів в плевральній порожнині, що використовуються в VATS.

В ретроспективному дослідженні 21 пацієнта, яким застосовувалася однопортова або двопортова VATS, було оцінено зменшення задишки, тривалість перебування в лікарні та тривалість операції [49]. Було доведено, що однопортова VATS ПД подібна до двопортової VATS ПД за всіма оціненими показниками [49]. У дослідженнях з великою кількістю спостережень було показано, що VATS є безпечним і ефективним методом ПД, а також є життєздатною альтернативою відкритим методикам ПД.

Певна частина робіт присвячена зміцненню діафрагми різними імплантатами, що дозволяє розподілити натяг шовної лігатури за протектором і нівелювати тиск на дегенеративно змінені структури діафрагми. Для протекторів пропонується застосовувати тантал, поліві-

нілалкоголь (ілалон), полікапролід, поліпропілен, лавсан (Marlex), тефлон, мерсилен (Dacron), нікелід-титанові імпланти [5, 8, 9, 26, 27, 42, 43]. Однак низький рівень біосумісності більшості запропонованих матеріалів і післяопераційні ускладнення при відносній рідкості патології перешкоджають широкому поширенню цієї технології.

Лапароскопічна ПД

Лапароскопічна ПД є ще однією прийнятною альтернативою відкритим хірургічним методам [47]. Подібно до VATS, існує кілька досліджень з великою кількістю спостережень, які оцінювали безпеку та ефективність цієї методики. У групи пацієнтів, яким проводили лапароскопічну ПД, тривалість перебування в стаціонарі складала 4 дні або менше без виникнення ускладнень [49]. Пацієнти, включені в ці дослідження, також продемонстрували тривалий і гарний результат хірургічного втручання, причому автори повідомили про повне зникнення симптомів через 6 місяців після операції.

Результати часто залежать від уподобань хірурга та рівня його кваліфікації [15, 19, 20]. Ретроспективне дослідження, в якому оцінювали лапароскопічну ПД у 25 пацієнтів, також виявило значне покращення якості життя через 1 місяць та 1 рік після операції [19, 20]. При цьому хворі відчували значне зменшення задишки та покращення показників функцій дихання. У 25 % пацієнтів даної групи були ускладнення, включаючи тривале стояння дренажу, плевральний випіт, кровотечу у верхніх відділах шлунково-кишкового тракту, інфекцію сечовивідних шляхів, повторну інтубацію, інсульт та фібриляцію передсердь [19, 20]. Однак, медіана перебування в стаціонарі була обмежена 4 днями, а дренажні трубки видаляли в середньому на 1 день. Через рік після операції рівень стояння купола діафрагми був нижчим, ніж перед виконанням ПД [19, 20]. З огляду на обмежені дані та дослідження, які існують, лапароскопічна ПД є безпечним і ефективним методом [47].

Робототехнічна ПД

Роботизовані підходи до ПД постулюються як перехідна процедура, яка може допомогти подолати технічний розрив між відкритою та мінімально інвазивною ПД. Прихильники цієї методики стверджують, що модифікований лапароскопічний підхід за допомогою робота Da Vinci дозволяє лікарю краще візуалізувати хірургічну роботу та гарантує, що органи черевної порожнини не будуть випадково травмовані [52]. Введення вуглекислого газу спричиняє відходження легені від грудної стінки, що також допомагає досягти чіткого та більш маневреного робочого поля [52]. Однак, цей підхід потребує 4 торакопорти: 3 роботизованих і 1 допоміжний порт [52]. У серії досліджень, в яких оцінювали трансторакальну та трансабдомінальну ПД за допомогою робота Da Vinci, було виявлено статистично значуще покращення показників спірометрії [2]. Не було різниці в результатах спірометрії при порівнянні трансабдоминальних та трансторакальних доступів [2]. Середній показник ОФВ₁ підвищився на 20 % при обох методиках, у той час як ОФВ₁/ФЖЕЛ збільшився на 5,7 %, але це не

було суттєвою різницею [2]. У 28 % пацієнтів були ускладнення, включаючи плевральний випіт, пролонгований витік повітря, паралітична кишка непрохідність та гостре пошкодження нирок [2]. Це дослідження показало, що, незважаючи на різну техніку, роботизована ПД не відрізняється за результатами, вимірними за допомогою PFT [2]. При оцінці впливу на задишку роботизована ПД продемонструвала значне зменшення симптомів. Серед 22 пацієнтів, яким виконали трансабдомінальну плікацію за допомогою робота, у 91 % випадків спостерігали зменшення задишки за шкалою MRC, а у 9 % — суттєвих змін не відбулося [3]. Жоден із пацієнтів не зазнав погіршення симптомів. Середня тривалість перебування цих хворих у стаціонарі становила 2 дні, а дренажні трубки видаляли через 1 день [3]. Таким чином, роботизована хірургія для ПД також є безпечним варіантом, який підвищує функцію легень, зменшує задишку та може бути успішно використана як трансторакально, так і трансабдомінально.

Ще одним фактором, який слід враховувати, є витрати на операцію. У дослідженнях, які оцінювали вартість різних хірургічних підходів, впровадження роботизованих технологій підвищило вартість процедури на 3880 доларів США [34, 35]. Крім того, інші фактори сприяють підвищенню вартості роботизованих технологій: операційні затримки, збої обладнання та необізнаність персоналу з обладнанням. Це може складати до 10,6 % від загальної вартості операції [25].

Відкриті операції ПД

Аналіз 37 випадків торакотомії за допомогою відео-підтримки з використанням одного порту (для камери) показав позитивні результати щодо показників легеневої функції [50]. Середнє збільшення ОФВ₁ становило 13 %: з доопераційними значеннями — 53 % від очікуваних і післяопераційними значеннями — 66 %. Крім того, післяопераційна захворюваність була низькою — 8,3 %, летальних випадків не було, середній час операції становив 49 хвилин, а середній термін перебування в стаціонарі — 3,1 дня.

Ретроспективне дослідження 17 пацієнтів продемонструвало суттєве зменшення задишки та покращення легеневої функції після відкритої торакальної ПД [18]. При цьому автори відмічали зменшення задишки на 55 % при вимірюванні за візуальною 10-бальною аналоговою шкалою. Після 5–10 років спостереження пацієнти все ще відчували значне полегшення симптомів і покращення легеневої функції [18]. Після операції також спостерігалось значне підвищення PaO₂ з 73,1 до 85,6 мм рт. ст. ($p < 0,001$).

У дослідженні M. Versteegh et al., яке оцінювало ефективність відкритої ПД, були отримані схожі результати [46]. У 17 пацієнтів з періодом спостереження понад один рік після операції, автори встановили підвищення ОФВ₁, ФЖЕЛ і зменшення задишки, а також відсутність ознак рецидиву або руйнування місця пластики. Пацієнти працездатного віку, за винятком одного, змогли повернутися до роботи після ПД. Хоча три пацієнти в цьому дослідженні померли в лікарні, смерть була безпосередньо пов'язана з хірургічною процедурою лише в одному випадку [46].

Оцінювання різних методів ПД у пацієнтів, яким проводили відкриту торакотомію, виконано в кількох дослідженнях. При порівнянні мініторакотомічної ПД з широкою відкритою ПД у 42 пацієнтів авторами не виявлено відмінностей у тривалості операції, показників перед- і післяопераційної спірометрії або тривалості перебування в лікарні [46]. У групі мініторакотомії спостерігався менший об'єм ексудації (114 проти 215 мл, $p = 0,0082$), проте в обох групах було зареєстровано практично однакове покращення показників спірометрії та зменшення задишки. Через 12 і 24 місяці не було відмінностей у показниках FEV_1 або FVC, а також не було різниці в балах MRC ступеня задишки. Операції незначно відрізнялися за зміщенням діафрагми через 12 і 24 місяці [46]. Автори роблять висновок, що обидва втручання є безпечними та ефективними для зменшення симптомів та задишки, а також покращення показників спірометрії.

Порівняння методів хірургічного лікування

В одному з досліджень [32] було проаналізовано результати лікування 57 хворих з діагнозом «параліч діафрагми». У 40 (70,2 %) випадках було проведено відкриту пластику релаксованого купола діафрагми через торакотомію, а 17 (29,8 %) пацієнтам виконано відеоторакоскопічну ПД. В 1 (5,9 %) випадку за спроби відеоторакоскопічної плікації лівого купола діафрагми виникла необхідність конверсії у мініторакотомію для забезпечення адекватного візуального і пальпаторного контролю за петлями кишківника, котрі щільними злуками були фіксовані до діафрагми. Результати відеоторакоскопічної ПД були значно кращі через низький травматизм операції. При відкритій ПД хворі відчували значне поліпшення приблизно через 2 міс після операції. Пацієнти відзначали збільшення глибини дихання, але дуже часто цей ефект нівелювався вираженістю больового синдрому. За відеоторакоскопічної ПД хворі вже на другу добу після операції повідомляли про значне поліпшення дихання, можливість лежати на спині та не задихатися. Автори зробили висновок, що після впровадження відеоторакоскопічної ПД стало можливим пропонувати операцію хворим більш похилого віку і з більш тяжкою супутньою патологією. Кількість післяопераційних ускладнень у разі відкритої пластики діафрагми становила 25 %, а у разі відеоторакоскопічної пластики — 5,8 %. Післяопераційної летальності не було в обох групах.

VATS і роботизований метод операції були оцінені в одному проспективному дослідженні. При обох видах втручання використовували інсуфляцію вуглекислого газу; VATS проводилася через 3-х портовий доступ. Роботизований підхід використовував 3 порти плюс допоміжний порт [30]. Сорока восьми пацієнтам виконали 49 ПД. Відмінності в результатах не були достовірними. Найпоширенішим ускладненням був плевральний випіт — у 12,5 % пацієнтів. Середнє зниження ступеня задишки за MRC становило 2,2 бала. Початковий середній бал MRC складав 3,8 бала, а після операції він знизився до 1,8 ($p < 0,05$). Дев'яносто сім відсотків пацієнтів

повідомили про задоволеність результатами та про загальне різке покращення якості життя.

В одному дослідженні було доведено, що при трансабдомінальних доступах був нижчий больовий синдром порівняно з торакальними доступами. Це, можливо, пов'язано з відсутністю міжреберних розрізів, які виконуються під час трансторакальних втручань [36, 37].

В іншому дослідженні оцінювали відмінності в результатах між роботизованою торакоскопічною ПД та відкритими трансторакальними доступами [28]. Робототехнічні торакоскопічні операції мали менший час операції (80 проти 120 хвилин; $p = 0,04$), меншу тривалість стояння дренажів (1 проти 3 днів; $p = 0,01$), меншу інтраопераційну крововтрату (20 проти 100 мл; $p = 0,01$) і коротший термін перебування в лікарні (3 проти 7 днів; $p = 0,04$). Кожна група продемонструвала однакове зменшення ступеня задишки та покращення показників спірометрії. У той час як обидва підходи зменшують задишку та покращують дихальну функцію, мінімально інвазивні роботизовані підходи мають значно менше використання в закладах охорони здоров'я в цілому.

Були також дослідження, в яких порівнювали реконструкцію діафрагмального нерву з ПД. Реконструкція діафрагмального нерву привела до зменшення задишки та покращення показників спірометрії [23, 24]. Проте ПД залишається золотим стандартом хірургічного втручання для лікування паралічу діафрагми; хоча інші методи, такі як реконструкція діафрагмального нерву, були ефективними для покращення результатів у ретельно відібраних пацієнтів.

Висновки

1. ПД є ефективним хірургічним втручанням при паралічі діафрагми. Це операція з низьким ризиком, яку можна виконати з успішним результатом. Пацієнтам із симптомами паралічу діафрагми, у яких консервативні заходи не дали результатів, слід запропонувати ПД. Вона ефективна для зменшення задишки та покращення симптомів.

2. Для виконання ПД можна використовувати різні хірургічні підходи: VATS, лапароскопічна, роботизована, відкрита абдомінальна і відкрита торакальна методики. Усі вони призводять до зменшення симптомів, покращення показників спірометрії та зниження рівня смертності. Мінімально інвазивні підходи стали більш доступними, і вони є безпечною та ефективною альтернативою відкритим операціям.

3. При виборі методики хірургічного втручання, слід також враховувати вартість лікувальних заходів. Роботизована торакальна хірургія значно дорожча за інші нероботизовані підходи, але безпека та менша технічна складність цього підходу можуть зробити його більш бажаним для хірургів.

4. Застосована техніка ПД повинна бути такою, з якою хірург знайомий і має певний рівень досвіду. Це, мабуть, є одним із головних факторів, що визначають позитивні результати для пацієнтів.

ЛІТЕРАТУРА/REFERENCES

- Bestall JC, Paul EA, Garrod R, et al. Usefulness of the Medical Research Council (MRC) dyspnoea scale as a measure of disability in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1999;54:581-6. [Crossref] [PubMed]
- Bin Asaf B, Kodaganur Gopinath S, Kumar A, et al. Robotic diaphragmatic plication for eventration: A retrospective analysis of efficacy, safety, and feasibility. *Asian J Endosc Surg* 2021;14:70-6. [Crossref] [PubMed]
- Biswas Roy S, Haworth C, Ipsen T, et al. Transabdominal robot-assisted diaphragmatic plication: a 3.5-year experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 2018;53:247-53. [Crossref] [PubMed]
- Black MC, Joubert K, Seese L, et al. Innovative and Contemporary Interventions of Diaphragmatic Disorders. *J Thorac Imaging* 2019;34:236-47. [Crossref] [PubMed]
- Blackmon SH. Technique of Video-assisted thoracoscopic surgery diaphragm plication. *Operative Techniq Thoracic Cardiovasc Surg.* 2012;17(4):302-310. <https://doi.org/10.1053/j.optechstvs.2013.01.002>
- Celik M, Aydemir B, et al. Long-term results of diaphragmatic plication in adults with unilateral diaphragm paralysis. *J Cardiothorac Surg* 2010;5:111. [Crossref] [PubMed]
- Celli BR. Diagnosis and management of nontraumatic unilateral diaphragmatic paralysis (complete or partial) in adults: Diagnostic evaluation. In: Finlay G, Dashe JF. Editors. *UpToDate: Industry-leading clinical decision support*. Available online: <http://www.uptodate.com/home>
- Demos DS, Berry MF, Backhus LM, et al. Video-assisted thoracoscopic diaphragm plication using a running suture technique is durable and effective. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;153:1182-8. [Crossref] [PubMed]
- Demos DS, Berry MF, Backhus LM, Shrager JB. Video-assisted thoracoscopic diaphragm plication using a running suture technique is durable and effective. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;153(5):1182-1188. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.11.062>
- Deng Y, Byth K, Paterson HS. Phrenic nerve injury associated with high free right internal mammary artery harvesting. *Ann Thorac Surg* 2003;76:459-63. [Crossref] [PubMed]
- Dunning J. Thoracoscopic diaphragm plication. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2015;20:689-90. [Crossref] [PubMed]
- Elshafie G, Acosta J, Aliverti A, et al. Chest wall mechanics before and after diaphragm plication. *J Cardiothorac Surg* 2016;11:25. [Crossref] [PubMed]
- España MI, Sastre I, Franco CA, et al. Video-assisted thoracoscopic diaphragmatic plication. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2021; [PubMed]
- Esposito RA, Spencer FC. The effect of pericardial insulation on hypothermic phrenic nerve injury during open-heart surgery. *Ann Thorac Surg* 1987;43:303-8. [Crossref] [PubMed]
- Evman S, Tezel C, Vayvada M, et al. Comparison of Mid-Term Clinical Outcomes of Different Surgical Approaches in Symptomatic Diaphragmatic Eventration. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2016;22:224-9. [Crossref] [PubMed]
- Freeman RK, Van Woerkom J, Vyverberg A, et al. Long-term follow-up of the functional and physiologic results of diaphragm plication in adults with unilateral diaphragm paralysis. *Ann Thorac Surg* 2009;88:1112-7. [Crossref] [PubMed]
- Gilbert A, Wei B. Diaphragmatic plication: current evidence and techniques in the management of the elevated hemidiaphragm. *Video-assist Thorac Surg* 2023;8:16. doi: 10.21037/vats-22-38
- Graham DR, Kaplan D, Evans CC, et al. Diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis: a 10-year experience. *Ann Thorac Surg* 1990;49:248-51; discussion 252. [Crossref] [PubMed]
- Groth SS, Andrade RS. Diaphragmatic eventration. *Thorac Surg Clin* 2009;19:511-9. [Crossref] [PubMed]
- Groth SS, Rueth NM, Kast T, et al. Laparoscopic diaphragmatic plication for diaphragmatic paralysis and eventration: an objective evaluation of short-term and midterm results. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:1452-6. [Crossref] [PubMed]
- Gruber PJ. Diaphragm plication: When and why to do it. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;154:1712-3. [Crossref] [PubMed]
- Hamdi S, Mercier O, Fadel E, et al. Is sacrificing the phrenic nerve during thymoma resection worthwhile? *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;45:e151-5. [Crossref] [PubMed]
- Kaufman MR, Elkwood AI, Colicchio AR, et al. Functional restoration of diaphragmatic paralysis: an evaluation of phrenic nerve reconstruction. *Ann Thorac Surg* 2014;97:260-6. [Crossref] [PubMed]
- Kaufman MR, Elkwood AI, Brown D, et al. Long-Term Follow-Up after Phrenic Nerve Reconstruction for Diaphragmatic Paralysis: A Review of 180 Patients. *J Reconstr Microsurg* 2017;33:63-9. [PubMed]
- Kenawy DM, Ackah RL, Abdel-Rasoul M, et al. Preventable operating room delays in robotic-assisted thoracic surgery: Identifying opportunities for cost reduction. *Surgery* 2022;172:1126-32. [Crossref] [PubMed]
- Kocher G, Al-Hurani M, Dorn P, et al. Thoracoscopic diaphragm plication. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2020; [PubMed]
- Kocher GJ, Zehnder A, Schmid RA. Completely thoracoscopic diaphragmatic plication. *World J Surg* 2017;41(4):1019-1022. <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3789-2>
- Lampridis S, Pradeep IHDS, Billè A. Robotic-assisted diaphragmatic plication: Improving safety and effectiveness in the treatment of diaphragmatic paralysis. *Int J Med Robot* 2022;18:e2368. [Crossref] [PubMed]
- Mouroux J, Venissac N, Leo F, et al. Surgical treatment of diaphragmatic eventration using video-assisted thoracic surgery: a prospective study. *Ann Thorac Surg* 2005;79:308-12. [Crossref] [PubMed]
- Nardini M, Jayakumar S, Migliore M, et al. Minimally Invasive Plication of the Diaphragm: A Single-Center Prospective Study. *Innovations (Phila)* 2021;16:343-9. [Crossref] [PubMed]
- Oliver KA, Ashurst JV. *Anatomy, Thorax, Phrenic Nerves*. [Updated 2021 Jul 26]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Opanasenko M.S., Konik B.M., Shamrai M.Yu., Tereshkovich O.V., Levanda L.I., Bychkovsky V.B., Shalagai S.M., Lysenko V.I., Obremka O.K. Surgical treatment of relaxation of the diaphragm Surgery of Ukraine 2019 No. 3 · P.7-12. DOI: <http://doi.org/10.30978/SU2019-3-7>
- O'Toole SM, Kramer J. Unilateral Diaphragmatic Paralysis. [Updated 2022 Jun 4]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Patel DC, Berry MF, Bhandari P, et al. Paradoxical Motion on Sniff Test Predicts Greater Improvement Following Diaphragm Plication. *Ann Thorac Surg* 2021;111:1820-6. [Crossref] [PubMed]
- Park BJ, Flores RM. Cost comparison of robotic, video-assisted thoracic surgery and thoracotomy approaches to pulmonary lobectomy. *Thorac Surg Clin* 2008;18:297-300. vii. [Crossref] [PubMed]
- Park BJ. Cost concerns for robotic thoracic surgery. *Ann Cardiothorac Surg* 2012;1:56-8. [PubMed]
- Pavy C. Diaphragm plication using a subcostal approach as an alternative to a thoracotomy. *Multimed Man Cardiothorac Surg* 2022; [PubMed]
- Podgaetz E, Garza-Castillon R Jr, Andrade RS. Best Approach and Benefit of Plication for Paralyzed Diaphragm. *Thorac Surg Clin* 2016;26:333-46. [Crossref] [PubMed]
- Qureshi A. Diaphragm paralysis. *Semin Respir Crit Care Med* 2009;30:315-20. [Crossref] [PubMed]
- Rombolá C, Crespo MG, López PT, et al. Video-Assisted Minithoracotomy Diaphragmatic Plication: Respiratory Effects in Adults. *Thorac Cardiovasc Surg* 2016;64:647-53. [PubMed]
- Stamenovic D. New technique of diaphragmatic plication by means of uniportal video-assisted thoracoscopic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2017;25:162-3. [Crossref] [PubMed]
- Taberham RJ, Raza A, Alzetani A, et al. VATS Plication of the Diaphragm: A Descriptive Observational 10-Year Southampton Experience. *Innovations (Phila)* 2017;12:398-405. [Crossref] [PubMed]
- Topolnitskiy EB, Shefer NA, Marchenko ES, Mikhed RA. Thoracoscopic repair of posttraumatic phrenic hernia in 62 years af-ter injury of the diaphragm. *Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2022;2:62-66. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2022020162>
- Topolnitskiy EB, Shefer NA, Marchenko ES, Mikhed RA. Two-port video-assisted thoracoscopic application of the relaxed diaphragm J 12 ENDOSCOPIC SURGERY, 2022, Vol. 28, 6 Endoskopicheskaya khirurgiya 28(6):12 DOI:10.17116/endoskop20222806112
- Tripp HF, Sees DW, Lisagor PG, et al. Is phrenic nerve dysfunction after cardiac surgery related to internal mammary harvesting? *J Card Surg* 2001;16:228-31. [Crossref] [PubMed]
- Van Holsbeke CS, Leemans G, Vos WG, et al. Functional respiratory imaging as a tool to personalize respiratory treatment in patients with unilateral diaphragmatic paralysis. *Respir Care* 2014;59:e127-31. [Crossref] [PubMed]
- Versteegh MI, Braun J, Voigt PG, et al. Diaphragm plication in adult patients with diaphragm paralysis leads to long-term improvement of pulmonary function and level of dyspnea. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;32:449-56. [Crossref] [PubMed]
- Wang Z, Ye Q, Chen Y, et al. Laparoscopic Repair of Diaphragmatic Eventration in Adults: Plication With Mesh Repair. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech* 2018;28:e91-3. [Crossref] [PubMed]
- Wheeler WE, Rubis LJ, Jones CW, et al. Etiology and prevention of topical cardiac hypothermia-induced phrenic nerve injury and left lower lobe atelectasis during cardiac surgery. *Chest* 1985;88:680-3. [Crossref] [PubMed]
- Wu HH, Chen CH, Chang H, et al. A preliminary report on the feasibility of single-port thoracoscopic surgery for diaphragm plication in the treatment of diaphragm eventration. *J Cardiothorac Surg* 2013;8:224. [Crossref] [PubMed]
- Yalcinkaya I, Evman S, Lacin T, et al. Video-assisted minimally invasive diaphragmatic plication: feasibility of a recognized procedure through an uncharacteristic hybrid approach. *Surg Endosc* 2017;31:1772-7. [Crossref] [PubMed]
- Zhang G, Wang L, Wu Y, et al. Uniportal Video-Assisted Thoracoscopic Stapled Resection of Adult Diaphragmatic Eventration. *Ann Thorac Surg* 2020;110:e135-7. [Crossref] [PubMed]
- Zwischenberger BA, Kister N, Zwischenberger JB, et al. Laparoscopic Robot-Assisted Diaphragm Plication. *Ann Thorac Surg* 2016;101:369-71. [Crossref] [PubMed]

Декларація етики. Під час збору, аналізу та оприлюднення даних забезпечено конфіденційність пацієнтів, які надали добровільну письмову згоду на використання їх відомостей даних у науковій публікації.

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Джерела фінансування. Стаття підготовлена згідно з планом науково-дослідної роботи відділення торакальної хірургії і інвазивних методів діагностики Державної установи «Національний науковий центр фізіотрії, пульмонології та алергології імені Ф. Г. Яновського НАМН України»: «Розробити алгоритм хірургічного лікування дітей, хворих на туберкульоз легень і плеврит», № держреєстрації 0125U000547

Received / Надійшла до редакції : 28.04.2026 р.

Revised/ Після доопрацювання: 03.05.2026 р.

Accepted/ Прийнято до друку: 25.06.2026 р

Ethics Declaration. During data collection, analysis, and publication, patient confidentiality was ensured. All patients provided voluntary written consent for the use of their data in the scientific publication.

Conflict of Interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding Sources. The article was prepared in accordance with the research plan of the Department of Thoracic Surgery and Invasive Diagnostic Methods State organization "National scientific center of phthisiology, pulmonology and allergology named after F. G. Yanovsky NAMS of Ukraine": "Develop an algorithm for surgical treatment of children with pulmonary and pleural tuberculosis", state registration № 0125U000547