

А.А. Переяслов¹, П.С. Русак^{2,3}

Вроджена евентрація діафрагми в дітей

¹Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького, Україна,²Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ³КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня», Україна

Paediatric Surgery (Ukraine). 2025. 2(87): 86-93. doi: 10.15574/PS.2025.2(87).8693

For citation: Pereyaslov AA, Rusak PS. (2025). Congenital diaphragmatic eventration in children. Paediatric Surgery (Ukraine). 2(87): 86-93. doi: 10.15574/PS.2025.2(87).8693.

Найчастішими вродженими вадами діафрагми є діафрагмальні грижі та евентрація діафрагми. Вроджена евентрація діафрагми достатньо рідкісна патологія, що характеризується випинанням частини або всієї діафрагми без порушення її цілісності.

Метою цієї роботи було проаналізувати відомості про етіологію, клінічні прояви, діагностику та методи лікування евентрації діафрагми.

Евентрація діафрагми поділяється на вроджену та набуту, повну або часткову. Вроджена евентрація діафрагми може бути ізольованою вадою або поєднуватись із хромосомними порушеннями, іншими вродженими вадами, бути частиною різноманітних вроджених синдромів та виникати внаслідок внутрішньоутробного інфікування. Клінічні прояви евентрації варіюються від безсимптомного перебігу до життєнебезпечного дистрес-синдрому. Для діагностики евентрації використовують рентгенологічні методи, ультрасонографію, комп'ютерну та магнітно-резонансну томографію. Розглянуто різні методи (відкриті та мініінвазивні) та доступи (торакотомія та лапаротомія) для хірургічного лікування евентрації діафрагми.

Висновки. Евентрація діафрагми в дітей може спричинити важкі респіраторні розлади, що зумовлює необхідність хірургічного втручання. У дітей із безсимптомним перебігом евентрації діафрагми можливе динамічне спостереження, а за наявності респіраторної симптоматики показано хірургічне втручання. Вибір методу втручання (відкритий чи мініінвазивний) залежить від досвіду і навичок хірурга, а також локалізації евентрації.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: евентрація діафрагми, діагностика, лікування, мініінвазивна хірургія

Congenital diaphragmatic eventration in children

A.A. Pereyaslov¹, P.S. Rusak^{2,3}¹Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Ukraine²Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv,³Zhytomyr regional children clinical hospital, Ukraine

Diaphragmatic hernia and eventration represent the most common disorders of the diaphragm. Congenital diaphragmatic eventration is a relatively rare pathology characterized by the partial or whole bulging of one or both hemidiaphragms without interruption of its integrity. **The aim** of this study was to analyze the data of etiology, clinical presentation, diagnosis, and methods of surgery in case of diaphragmatic eventration.

Diaphragmatic eventration is divided into congenital and acquired, total and partial. Congenital diaphragmatic eventration may be an isolated malformation or associated with chromosomal disorders, other congenital malformations, or be part of various congenital syndromes and developed due to the intrauterine infection. Clinical presentation varied from an asymptomatic course to a life-threatening distress syndrome. Chest radiographs, ultrasonography, computed and magnetic resonance tomography are applied for the eventration diagnosis. The different methods (open and mini-invasive) and approaches (thoracotomy and laparotomy) for the management of diaphragmatic eventration were analyzed.

Conclusions. Diaphragmatic eventration in children can cause severe respiratory disorders, which determines the necessity for surgery. In asymptomatic children, follow-up observation is possible, but in case of the presence of respiratory symptoms, the surgery is indicated. The choice of surgery (open or mini-invasive) depends on surgeons' skills and the localization of the eventration. No conflict of interests was declared by the authors.

Keywords: diaphragmatic eventration, diagnostic, management, mini-invasive surgery

Вступ

Серед вад діафрагми в дітей виокремлюють вроджені діафрагмальні грижі та евентрацію діафрагми [26]. Вроджена евентрація діафрагми (ВЕД) достатньо рідкісна патологія, що характеризується випинанням частини або всієї діафрагми без порушення її цілісності [51]. Цю ваду вперше описав J.L. Petit у 1774 році як особливу форму «торакальної грижі» [43], проте термін «евентрація діафрагми» першими ввели P.A. Beclard та J.Cruveilhier у 1829 році та цей термін став загально прийнятим, замінивши інші терміни, зокрема «релаксація діафрагми», «діафрагмальна недостатність» і «гіпертрофована діафрагма» [35,65,80]. У 1947 році J.D. Bisgard навів відмінності між вродженою діафрагмальною грижею та ВЕД, згідно з якими ВЕД це «ненормально високе або підвищене положення одного купола діафрагми внаслідок паралічу, аплазії або атрофії різного ступеня м'язових волокон за відсутності порушень її цілісності» [6]. Якщо до середини ХХ століття ВЕД була рідкісною патологією, яку переважно виявляли під час автопсії [60], то покращення методів візуалізаційної діагностики (рентгенографії, ультрасонографії (УСГ), комп'ютерної (КТ) та магнітно-резонансної (МРТ) томографії дало змогу збільшити частоту виявлення цієї патології [1,40,59].

Метою цієї роботи було проаналізувати відомості про етіологію, клінічні прояви, діагностику та методи лікування евентрації діафрагми.

Діафрагма є важливим інспіраторним м'язом у новонароджених, особливо в тих хто народився передчасно. Сумісно із міжреберними м'язами вона створює ту силу, що забезпечує адекватне дихання в дитини. Відповідно, при ослабленні, внаслідок порушення ембріонального розвитку одного або двох куполів діафрагми, міжреберні м'язи повинні виконувати подвійну функцію.

Евентрація діафрагми відбувається шляхом заміщення діафрагмального м'яза, часткового або повного, фіброеластичною тканиною і становить близько 5% усіх вад діафрагми [8,36]. Евентрація діафрагми може бути вродженою або набутою і простежуватись у передніх, задньолатеральних і медіальних відділах діафрагми [35,80].

Основною теорією виникнення евентрації вважається порушена міграція міобластів у поперечну

складку та плевро-перитонеальну мембрану протягом внутрішньоутробного розвитку [13,26,47]. Ще в 1970 році T.V. Thomas припустив, що порушення росту міобластів у плевро-перитонеальній мембрані відбувається при передчасному поверненні органів черевної порожнини у природне положення [74]. Це підтверджують дослідження S.Wu зі співавторами, які виявили наявність дифузних фіброеластичних змін та малу кількість м'язових волокон в евентрований діафрагмі в пацієнтів із клінічними проявами ВЕД [80]. Під час мікроскопічного дослідження м'язового сегмента діафрагми, виявляють розкидані, нефункціонуючі, проте не атрофовані м'язові волокна [7,36].

ВЕД зустрічається з частотою 0,2–0,7 на 10000 живих новонароджених, частіше у хлопчиків [43,84] і становить 5–7% від усіх захворювань діафрагми [8]. Оскільки в новонароджених ребра мають більш горизонтальне положення, а міжреберні м'язи слабкі, то дихання переважно залежить від черевного дихання через рух діафрагми. Окрім того, характерною для новонароджених є невелика кількість волокон стійких до втоми I типу (fatigue-resistant type I) у дихальних м'язах, яка зумовлює їхню обмежену витривалість [2,54]. До того ж новонароджений проводить більше часу на спині, що особливо ускладнює дихання при парезі або паралічі діафрагми, а міжреберні м'язи, які належать до постуральних м'язів, під час сну пригнічуються, що обмежує їхню можливість компенсувати функцію діафрагми, при її евентрації [22,54].

ВЕД може бути ізольованою вагою або поєднуватись із хромосомними порушеннями, зокрема трісоміями, вродженими синдромами, Кабукі (Kabuki), Беквіт-Відемана (Beckwith-Wiedemann), Поланда (Poland), Ярхо-Левіна (Jarcho-Levin) та «ятагана» (Scimitar) [69,77], а також церебральною агенезією, вродженими вадами серця, трахеомалациєю, розщелинами піднебіння, мальотацією кишок, гіпоспадією, крипторхізмом, ектопією нирки та спінальною м'язовою атрофією (хвороба Werdnig-Hoffmann) [7,39,44]. Варто зазначити, що вищенаведені факти ускладнюють розуміння того, чи поєднується ВЕД з іншими вадами розвитку або навпаки інші вади поєднуються з ВЕД.

ВЕД може виникати вторинно внаслідок внутрішньоутробного інфікування коревою краснухою, цито-

Reviews

мегаловірусною або парвовірусною інфекцією, які спричиняють ушкодження м'язової тканини [10,33,50].

Набута евентрація діафрагми зустрічається частіше і є наслідком ушкодження діафрагмального нерва та м'язової атрофії, як результат тупого або проникаючого поранення, пологової травми, ускладнень кардіоторакальних втручань або операцій на верхніх відділах хребта [34,43,78].

У загальній популяції переважає лівобічна евентрація у співвідношенні 9:1 [38,43], тоді як у дітей, зокрема новонароджених, переважає правобічне ураження [43,84].

ВЕД може бути дифузною або частковою. При дифузному ураженні діафрагма представлена тонкою, прозорою мембраною, яка на периферії прикріплена до незміненого м'яза, і цей тип ВЕД частіше має лівобічну локалізацію [80], на відміну від часткових уражень, які частіше локалізуються справа [74], а білатеральні ураження є дуже рідкими [35]. Переважання уражень правого купола діафрагми, на думку А.Е. Robinson зі співавторами зумовлено укріпленням лівого купола діафрагми серцем та перикардом [62], проте точні патофізіологічні механізми залишаються остаточно невизначеними.

Клінічні прояви евентрації варіюються від безсимптомного перебігу до життєнебезпечного дистрес-синдрому [7,35,43]. Пренатальна діагностика евентрації діафрагми утруднена, що зумовлено обмеженими можливостями звичайного УСГ обстеження провести диференційну діагностику між евентрацією та діафрагмальною грижею – легені здаються гіпопластичними, а шлунок або печінка плода візуалізуються в тій самій поперечній площині, що й серце [1,59,85]. З метою диференційної пренатальної діагностики ВЕД та діафрагмальної грижі, В. Sallout зі співавторами пропонують проводити динамічне УСГ спостереження, а критеріями ВЕД є: відсутність зміщення серця плода, наявність тонкого мембранозного шару, що представляє уражену діафрагму, опускання петель кишок донизу при диханні плода, співвідношення легені до голови (lung-to-head ratio) вказує на легкий ступінь ураження та знаходження нирки на стороні ураження під діафрагмою [63]. У сумнівних випадках, пренатальна МРТ дозволяє встановити точний діагноз [59,63]. МРТ із наступною 3-D реконструкцією дає змогу чітко візуалізувати діафрагму і не залежить від положення плода і тілобудови вагітної [48].

За даними S. Wu зі співавторами ВЕД у 40,1% пацієнтів була виявлена упродовж перших трьох місяців після народження, у 35,6% – у проміжку від трьох місяців до року і у 24,3% – від одного року до

18 років [80]. Симптоми ВЕД зумовлені компресією нижньої долі легені, як результат тиску органів черевної порожнини [84]. Компресія також може зумовлювати зміщення середостіння у здоровий бік із відповідним зниженням функції легені: при односторонній ВЕД ємність легені та загальна ємність легені зменшуються на 20–30% [80], а при білатеральній евентрації функція легень зазнає ще більших порушень, особливо у положенні на спині [68]. Клінічні прояви ВЕД залежать від віку дитини: в новонароджених основним проявом є тяжкий респіраторний дистрес-синдром (тахі- та диспноє, ослаблення дихання, парадоксальні рухи грудної клітки), який спостерігають у всіх пацієнтів, серцево-судинні симптоми, ціаноз та підвищення температури тіла (у 67% дітей), тоді як у дітей старших вікових груп простежується помірно виразний дистрес-синдром, а на перший план виступають рецидивуючі респіраторні інфекції та гастроентерологічні прояви: нудота, блювання, анорексія, човникоподібний живіт та наявність абдомінального больового синдрому [43,80,82]. Як відомо, респіраторні проблеми в дітей із ВЕД зумовлені наступними чинниками: 1) неможливість вентиляції легені на стороні ураження, 2) пряма компресія легені на стороні ураження, 3) пневмонія, що зумовлена хронічним ателектазом, 4) невідповідність вентилявання між «ураженою» і здоровою легенею, 5) парадоксальне дихання, що спричинює недостатню вентиляцію протилежної легені, 6) незрілість легень зі зниженням співвідношення маси альвеол і легень та 7) зміщення середостіння [42,80,82]. Зміщення середостіння може спричинити неадекватне венозне наповнення, зміни у співвідношення вентиляція-перфузія та поворот серця та великих судин [71]. Різке підвищення внутрішньочеревного тиску, зокрема при кашлі, за наявності ВЕД може спровокувати розрив діафрагми, тому необхідно забезпечити профілактику сильного кашлю або ридань [37].

У пацієнтів із безсимптомним перебігом, переважно в дітей старше 5 років, евентрацію діафрагми випадково виявляють під час рентгенологічного обстеження органів грудної клітки або черевної порожнини [82,83].

Якщо ВЕД не була діагностована пренатально, то після народження дитини необхідно провести рентгенологічне дослідження у двох проекціях (прямій та боковій), при цьому уражений купол діафрагми повинен бути вище протилежного купола щонайменше на два міжреберні проміжки [41,64]. Оскільки, частіше уражується передня частина діафрагми, то на фронтальній рентгенограмі можна побачити подвійну щільну

структуру, а на боковій – випинання передньої частини, а задня частина залишається у природному положенні [64]. Часткова евертрація під час рентгенологічного обстеження іноді може мати форму гриба [41]. Під час рентгеноскопії виявляються зменшенні або парадоксальні рухи діафрагми, або рухи можуть бути відсутніми, окрім того середостіння може зміщуватись у протилежний бік під час дихання, що зумовлено компресією іпсилатеральної легені і це потенційно дає змогу диференціювати евертрацію і параліч [75,83]. Проте, під час звичайного рентгенологічного обстеження, насамперед при правобічному ураженні, важко відрізнити евертрацію діафрагми від наявності піддіафрагмального випоту, секвестрації або ателектазу [40]. Окрім того, рентгеноскопія має значні недоліки, зокрема вплив іонізуючого випромінювання та обмежену роздільну здатність м'яких тканин, що перешкоджає ідентифікації основних етіологічних чинників, навіть при діагностованій евертрації або паралічі діафрагми [73].

Це зумовлює необхідність використання інших візуалізаційних методів обстеження, зокрема УЗД, КТ або МРТ. Під час УЗД обстеження діафрагма визначається як ехогенна лінія [12,17]. Діафрагмальні м'язи, при використанні лінійного датчика, мають вигляд гіпо-ехогенної стрічки, подібно до інших м'язів, а використання конвексного датчика дає змогу оцінити загальну форму діафрагми, локалізацію її випинання, товщину м'яза і порівняти рухову активність з обох боків [28,40].

Як під час КТ, так і при рентгенографії, виявляється випинання купола діафрагми з тонкою мембраною, що її покриває, а також може бути різкий перехід по краю випинання [57,64]. Передопераційна КТ дозволяє чітко виключити наявність діафрагмальної грижі, вроджених кіст легенів, секвестрації легені, протяжність евертрації та визначити подальшу лікувальну тактику [5,82].

Останні досягнення технології МРТ дали можливість з високою роздільною здатністю визначати м'які тканини та в режимі реального часу оцінювати рухову активність [73]. CINE MPT (метод МРТ, що включає послідовне обстеження для фіксації рухів) у поєднанні зі стандартною T2-зваженою методикою (має назву «b-параметрична» МРТ) використовують для діагностики різноманітної респіраторної патології, що асоціюється з дисфункцією діафрагми [73,79]. Використання «b-параметричної» МРТ дає змогу провести диференційну діагностику між паралічем, евертрацією та слабкістю діафрагми [73].

Необхідно зазначити, що хоча діагноз ВЕД можна встановити за даними візуалізаційних методів об-

стеження, проте остаточне підтвердження можливе під час хірургічного втручання [43,51].

Протоколів лікування новонароджених із тривалим респіраторним дистрес-синдромом, який зумовлений евертрацією діафрагми, немає [9]. Наслідки ВЕД мають більш виразний характер у новонароджених, а діти старше двох років краще адаптуються до наявності евертрації [5], що зумовлює можливість динамічного спостереження з відтермінуванням хірургічного втручання [3,27]. Первинне лікування новонароджених ВЕД полягає в респіраторній підтримці – оксигенація через маску, переважно при односторонньому ураженні, або штучна вентиляція легенів при тяжких респіраторних розладах, симптоматичній медикаментозній терапії з наступною хірургічною корекцією [9,61,84].

Показаннями до хірургічного втручання при ВЕД вважають [80,84]:

1. Купол ураженої діафрагми вище нормально розташованого купола на понад 3 міжреберних проміжки.
2. На стороні ураження евертована діафрагма зумовлює значну компресію легені, виразну задишку, виникнення астмоподібних станів та інших ознак дистресу, які не піддаються консервативній терапії.
3. Наявність респіраторного дистрес-синдрому як результат парадоксального руху діафрагми.
4. Рецидивні пневмонії або життєнебезпечна пневмонія.
5. Неможливість перевести дитину на спонтанне дихання.
6. При динамічному спостереженні купол діафрагми продовжує підніматись.

При хірургічному лікуванні дітей, особливо новонароджених, із ВЕД особливе значення має анестезіологічне забезпечення. При використанні загального знеболення діти з ВЕД вимагають додаткових запобіжних заходів – під час індукції анестезії та екстубації пацієнти потребують адекватної глибокої анестезії, оскільки будь-який кашель або напруження можуть призвести до розриву ослабленої діафрагми [11].

Надглоткові девайси, зокрема класична ларингеальна маска (ЛМ) або ЛМ-ProSeal, сприяють більш плавному виходу з наркозу порівняно з інтубацією [11,49]. Дослідження J.R. Maltby зі співавторами показали, що використання ЛМ співставне з ендотрахеальною трубкою з точки зору ефективних вентиляційних характеристик, без клінічно значущого розтягнення шлунку та легеневих ускладнень [49]. Дихальна система з ЛМ асоціюється з меншими побічними ефектами, зокрема біль та відчуття стороннього тіла в горлі [11]. Правильно розміщена ЛМ-ProSeal з дренажною трубкою, яка розміщена над верхнім стравохідним сфінктером, за-

Reviews

побігає аспірації так само, як інтубаційна трубка з манжетю [11].

Загальна внутрішньовенна анестезія має переваги перед збалансованою анестезією з інгаляцією, оскільки остання викликає гіпоксичну вазоконстрикцію легень [37]. Крім того, загальна внутрішньовенна анестезія в поєднанні з прополфолом дає змогу підтримувати адекватну глибину знеболення, зменшує частоту виникнення післяопераційної нудоти і блювання та забезпечує швидке і плавне відновлення без потенціювання нейро-м'язової блокади [11,55]. Хоча ймовірно регіональна анестезія має низку переваг перед загальним знеболенням, проте високі рівні регіонарної блокади можуть зумовити парез міжреберних м'язів, що збільшує навантаження на діафрагму і призвести до її виснаження та розриву [19,37], а блокада плечового сплетення вище надключичного рівня може спровокувати параліч діафрагмального нерву [37].

Метою хірургічного лікування при евертрації діафрагми є сплюснення купола діафрагми і надання легені більшого об'єму для розправлення. Існує кілька методів сплюснення купола діафрагми – метод плікації (plication), закріплення (reefing) та інвагінації (invagination) [5,29,42,46]. Загальноприйнятим методом лікування дітей із ВЕД є плікація (гофрування) діафрагми, при якому частину діафрагми, що випинає, складають, як гармошку, в кілька шарів і фіксують у такому положенні [5,8,42,80]. У дорослих цю операцію вперше провів J.L. Petit у 1923 році, а в дитини – J.D. Bisgard у 1946 році [80]. Метод «reefing» є модифікацією методу «плікації», який дає змогу виконати втручання через передній доступ (стернотомія або підреберний), а складки витонченої діафрагми фіксуються до реберної дуги, подібно як парус згортається і закріплюється на щоглі [29,46]. Протягом останніх років, з'явилися повідомлення про використання методу «інвагінації» для лікування евертрації діафрагми [30,42,52]. Метод полягає в накладанні швів з обох сторін випинання і зануренням центральної частини евертрації між цими швами [18,29,42]. Дослідження D.H. Kim зі співавторами засвідчило, що результати методів плікації та інвагінації при лікуванні ВЕД співставні [42].

Існує кілька доступів для проведення плікації діафрагми – торакотомний, лапаротомний, мініінвазивні методи – торокоскопічний і лапароскопічний [5,30,56,58,67,70], а в останні роки – роботичні втручання [45,81].

Традиційно для плікації діафрагми використовують задньолатеральний торакотомний доступ через

шостий [66], сьомий [4,30] або восьмий міжреберні проміжки [4,30,76]. Техніка плікації діафрагми також різноманітна: накладання U-подібних швів [66,84], «матрацний» шов [23,82], безперервний шов із використанням прокладок [4,51] або без них [66], а також використання сітки [16]. Для накладання швів як при відкритих, так і мініінвазивних операціях, найчастіше використовують нитки із зазубринами (barbed wire) або шовний матеріал, що не розсмоктується [8,14,84]. Окрім методів плікації та інвагінації, деякі хірурги використовують метод резекції ураженої частини діафрагми з наступним зведенням країв, які формують два шари [74], проте резекція частини діафрагми є ризикованим втручанням, що унеможлиблює її широке використання [8]. Перевагами торакотомії є відсутність маніпуляцій на органах черевної порожнини, що знижує ризик виникнення спайкового процесу, і чітка візуалізація діафрагмального нерва [84]. До недоліків торакотомії належать: значна травматизація, неможливість її виконання за наявності численних супутніх уражень, а також виникнення післяопераційного хронічного больового синдрому, який важко піддається лікуванню [58].

Тоді як торакотомію частіше використовують при правобічній евертрації, то при лівобічній та білатеральній евертрації – лапаротомію, з використанням верхньо-середнього або підреберного доступу [58,82,84]. Переваги лапаротомії полягають у можливості оглянути обидва куполи діафрагми, відсутній необхідності селективної вентиляції легень, можливості провести хірургічну корекцію супутньої абдомінальної патології, кращій візуалізації суміжних органів, зокрема печінки, петель кишок, та меншій травматичності порівняно з торакотомією [24,58,75,84]. Основним недоліком лапаротомії є важкий доступ до задніх частин діафрагми [58].

Завдяки останнім досягненням мініінвазивної хірургії, методи торакоскопії та лапароскопії почали активно впроваджуватись у дитячій хірургії. Метод мініінвазивного втручання (торакоскопія чи лапароскопія) залежить від хірурга і локалізації евертрації [15]. Так само як і при відкритих втручаннях, торакоскопію використовують при правобічній, а лапароскопію – при лівобічній евертрації [29]. Водночас незначний робочий простір ускладнює виконання мініінвазивних втручань порівняно з відкритими операціями [21].

Торакоскопічна плікація може проводитись із використанням двох портів із додатковою міні-торакотомією [52,53], 3-х [14,56,67] або 4-х портів [32]. Водночас виконання плікації під час торакоскопії

більш утруднене порівняно з технікою інвагінації та використанням безперервного шва [42,53].

Під час торакоскопічної плікації показники циркуляторної і респіраторної функції залишаються стабільними [21,25] і таке втручання добре переноситься новонародженими [72], навіть із вадами серця [21]. Порівняно з торакотомією, торакоскопічні втручання менш травматичні, супроводжуються меншим ризиком виникнення кровотечі та хронічного больового синдрому, швидшим відновленням після втручання і добрим косметичним ефектом [20,56,58,84].

Під час торакоскопічного втручання штучно створений пневмоторакс зумовлює більш плоский вигляд діафрагми, що ускладнює інтраопераційну оцінку ефективності плікації [20,24]. Торакоскопічна плікація вимагає дуже добрих навичок у мініінвазивних втручаннях і відповідної кооперації з асистентами [84]. Також до недоліків торакоскопічного втручання належать: обмежений робочий простір і ризик хронічного міжреберного болю [58].

У 2004 році Т.Р. Hüttel зі співавторами вперше навів техніку лапароскопічної плікації діафрагми [31]. Лапароскопічні втручання мають низку переваг перед торакоскопічними, зокрема немає розрізів і стискання міжреберних просторів інструментами і, як наслідок, у післяопераційному періоді біль не виникає в міжреберних м'язах; відсутня необхідність у селективній вентиляції легенів, а також можна досягти доброї візуалізації і достатнього робочого простору [29,58]. Під час лапароскопічної плікації, як і при всіх інших доступах, використовуються ті ж самі методи накладання швів і такий самий шовний матеріал [15,58]. Лапароскопічні втручання при ВЕД забезпечують суттєве покращення коротко- і середньострокових результатів респіраторних функціональних тестів, а також якості життя, і можливість корекції супутніх вад травного каналу [15,18].

Можливими ускладненнями після хірургічного лікування ВЕД, незалежно від методу втручання, є розвиток пневмонії, плеврит, хілоторакс, аритмії, утворення бронхо-плевральної нориці [24,26,30,67,80], а при використанні доступу через живіт – спайкова кишкова непрохідність [24].

Віддалені наслідки лікування дітей із ВЕД важко оцінювати, ґрунтуючись лише на змінах функції легень, оскільки контрлатеральна здорова легеня може компенсувати зменшення об'єму легені на боці евентрації. З метою оцінки ефективності хірургічного лікування запропоновано оцінювати положення діафрагми на стороні евентрації порівняно зі «здоровою» діафрагмою [42].

Висновки

Евентрація діафрагми в дітей може спричинити важкі респіраторні розлади, що зумовлює необхідність хірургічного втручання. У дітей із безсимптомним перебігом евентрації діафрагми можливе динамічне спостереження, а за наявності респіраторної симптоматики показано хірургічне втручання. Вибір методу втручання (відкритий чи мініінвазивний) залежить від досвіду і навичок хірурга, а також локалізації евентрації.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References/Література

1. Alamo L, Gudinchet F, Meuli R. (2015). Imaging findings in fetal diaphragmatic abnormalities. *Pediatr Radiol.* 45(13): 1887-1900. doi: 10.1007/s00247-015-3418-5.
2. Aldrich TK, Herman JH, Rochester DF. (1980). Bilateral diaphragmatic paralysis in the newborn infant. *J Pediatr.* 97(6): 988-991. doi: 10.1016/s0022-3476(80)80442-2.
3. Al-Ebrahim KE, Ellassal AA, Eldib OS et al. (2019). Diaphragmatic palsy after cardiac surgery in adult and pediatric patients. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 27(6): 481-485. doi: 10.1177/0218492319859806.
4. Alshorbagy A, Mubarak Y. (2015). Open transthoracic plication of the diaphragm for unilateral diaphragmatic eventration in infants and children. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg.* 48(5): 307-310. doi: 10.5090/kjtc.2015.48.5.307.
5. Bawazir OA, Banaja AM. (2020). Thoracoscopic repair of diaphragmatic eventration in children: a comparison of two repair techniques. *J Pediatr Surg.* 55(6): 1152-1156. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2019.11.019.
6. Bisgard JD. (1947). Congenital eventration of the diaphragm. *J Thorac Surg.* 16(5): 484-491.
7. Bishara J, Burjonrappa S, Pirzada M, Halaby C. (2015). Diaphragmatic eventration misdiagnosed as diaphragmatic hernia in a preterm infant. *Chest J.* 148(4); Suppl: 780A.
8. Borruto FA, Ferreira CG, Kaselas C et al. (2014). Thoracoscopic treatment of congenital diaphragmatic eventration in children: lessons learned after 15 years of experience. *Eur J Pediatr Surg.* 24(4): 328-331. doi: 10.1055/s-0033-1349054.
9. Bowerson M, Nelson VS, Yang LJ. (2010). Diaphragmatic paralysis associated with neonatal brachial plexus palsy. *Pediatr Neurol.* 42(3): 234-236. doi: 10.1016/j.pediatrneurol.2009.11.005.
10. Briggs VA, Reilly BJ, Loewig K. (1973). Lung hypoplasia and membranous diaphragm in the congenital rubella syndrome – A rare case. *J Can Assoc Radiol.* 24(2): 126-127.
11. Chaudhary K, Anand R, Girdhar KK et al. (2011). Anesthetic management of a patient with congenital diaphragmatic eventration. *J Anesth.* 25(4): 585-588. doi: 10.1007/s00540-011-1171-y.
12. Chavhan GB, Babyn PS, Cohen RA, Langer JC. (2010). Multimodality imaging of the pediatric diaphragm: anatomy and pathologic conditions. *Radiographics.* 30(7): 1797-1817. doi: 10.1148/rg.307105046.
13. Clifton MS, Wulkan ML. (2017). Congenital diaphragmatic hernia and diaphragmatic eventration. *Clin Perinatol.* 44(4): 773-779. doi: 10.1016/j.clp.2017.08.011.
14. Demos DS, Berry MF, Backhus LM et al. (2017). Video-assisted thoracoscopic diaphragm plication using a running suture technique is durable and effective. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 153(5): 1182-1188. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.11.062.
15. Di Buono G, Bonventre G, Amato G et al. (2020). Successful laparoscopic management of congenital diaphragmatic relax-

Reviews

- ation: A case report. *Int J Surg Case Rep.* 77; Suppl.: S25-S28. doi: 10.1016/j.ijscr.
16. Di Giorgio A, Cardini CL, Sammartino P et al. (2006). Dual-layer sandwich mesh repair in the treatment of major diaphragmatic eventration in an adult. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 132(1): 187-189. doi: 10.1016/j.jtcvs.2006.02.033.
17. El-Halaby H, Abdel-Hady H, Alsawah G et al. (2016). Sonographic evaluation of diaphragmatic excursion and thickness in healthy infants and children. *J Ultrasound Med.* 35(1): 167-175. doi: 10.7863/ultra.15.01082.
18. El-Magd EA, Elgeidie A, Abbas A et al. (2024). Laparoscopic approach in the management of diaphragmatic eventration in adults: gastrointestinal surgical perspective. *Updates Surg.* 76(2): 555-563. doi: 10.1007/s13304-023-01665-7.
19. Faheem M, Fayad A. (1999). Diaphragmatic rupture after epidural anesthesia in a patient with diaphragmatic eventration. *Eur J Anaesthesiol.* 16(8): 574-576. doi: 10.1046/j.1365-2346.1999.00538.x.
20. Fujishiro J, Ishimaru T, Sugiyama M et al. (2016). Minimally invasive surgery for diaphragmatic diseases in neonates and infants. *Surg Today.* 46(7): 757-763. doi: 10.1007/s00595-015-1222-3.
21. Fujishiro J, Ishimaru T, Sugiyama M et al. (2015). Thoracoscopic plication for diaphragmatic eventration after surgery for congenital heart disease in children. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 25(4): 348-351. doi: 10.1089/lap.2014.0260.
22. Gibson GJ. (1989). Diaphragmatic paresis: pathophysiology, clinical features, and investigation. *Thorax.* 44(11): 960-970. doi: 10.1136/thx.44.11.960.
23. Graham DR, Kaplan D, Evans CC et al. (1990). Diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis: a 10-year experience. *Ann Thorac Surg.* 49(2): 248-252. doi: 10.1016/0003-4975(90)90146-w.
24. Gupta A, Sidler M, van Poll D et al. (2020). Thoracic versus abdominal approach to correct diaphragmatic eventration in children. *J Pediatr Surg.* 55(2): 245-248. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2019.10.040.
25. Güvenç BH, Korkmaz M, Avtan L et al. (2004). Thoracoscopic diaphragm plication in children and indications for conversion to open thoracotomy. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 14(5): 302-305. doi: 10.1089/lap.2004.14.302.
26. Heiweggen K, van Heijst AF, Daniels-Scharbatke H et al. (2020). Congenital diaphragmatic eventration and hernia sac compared to CDH with true defects: a retrospective cohort study. *Eur J Pediatr.* 179(6): 855-863. doi: 10.1007/s00431-020-03576-w.
27. Heng L, Alzahrani K, Montalva L et al. (2024). Congenital diaphragmatic eventration: Should we maintain surgical treatment? A retrospective multicentric cohort study. *J Pediatr Surg.* 60(1): 161991. Online ahead of print. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2024.161991.
28. Hoshino Y, Arai J. (2020). Diaphragm ultrasound examination for congenital diaphragmatic eventration in two premature neonates. *BMJ Case Rep.* 13(2): e232813. doi: 10.1136/bcr-2019-232813.
29. Hu J, Wu Y, Wang J et al. (2014). Thoracoscopic and laparoscopic plication of the hemidiaphragm is effective in the management of diaphragmatic eventration. *Pediatr Surg Int.* 30(1): 19-24. doi: 10.1007/s00383-013-3418-1.
30. Huang D, Tang J, Wang F et al. (2021). The feasibility and safety of same-day surgery for diaphragmatic eventration by minithoracotomy in children. *Pediatr Surg Int.* 37(9): 1215-1220. doi: 10.1007/s00383-021-04907-0.
31. Hüttel TP, Wichmann MW, Reichart B et al. (2004). Laparoscopic diaphragmatic plication: long-term results of a novel surgical technique for postoperative phrenic nerve palsy. *Surg Endosc.* 18(3): 547-551. doi: 10.1007/s00464-003-8127-8.
32. Hwang Z., Shin JS, Cho YH et al. (2003). A simple technique for the thoracoscopic plication of the diaphragm. *Chest.* 124(1): 376-378. doi: 10.1378/chest.124.1.376.
33. Izumi K, Hokuto I, Yamaguchi S et al. (2010). Diaphragm dysfunction with congenital cytomegalovirus infection. *J Perinatol.* 30(10): 691-694. doi: 10.1038/jp.2010.65.
34. Joho-Arreola AL, Bauersfeld U, Stauffer UG et al. (2005). Incidence and treatment of diaphragmatic paralysis after cardiac surgery in children. *Eur J Cardiothorac Surg.* 27(1): 53-57. doi: 10.1016/j.ejcts.2004.10.002.
35. Joshi A, Kumar M, Acharya A. (2018). Bilateral congenital eventration of diaphragm: keep in mind, the other side. *BMJ Case Rep.* 2018: bcr2018226051. doi: 10.1136/bcr-2018-226051.
36. Jurcak-Zaleski S, Comstock CH, Kirk JS. (1990) Eventration of the diaphragm. Prenatal diagnosis. *J. Ultrasound Med.* 9(6): 351-354. doi: 10.7863/jum.1990.9.6.351.
37. Kang H, Lee S, Park H et al. (2019). Ultrasound-guided perioperative management of 28-month-old patient with congenital diaphragmatic eventration. *SAGE Open Med Case Rep.* 7: 2050313X19827737. doi: 10.1177/2050313X19827737.
38. Kansal AP, Chopra V, Chahal AS et al. (2009). Right-sided diaphragmatic eventration: a rare entity. *Lung India.* 26(2): 48-50. doi: 10.4103/0970-2113.48898.
39. Kapoor V, Wright IM. (2010) Congenital myotonic dystrophy with cardiac conduction defect and eventration of the diaphragm. *J Pediatr Int.* 52(1): e6-8. doi: 10.1111/j.1442-200X.2009.02998.x.
40. Karmazyn B, Shold AJ, Delaney LR et al. (2019). Ultrasound evaluation of right diaphragmatic eventration and hernia. *Pediatr Radiol.* 49(8): 1010-1017. doi: 10.1007/s00247-019-04417-1.
41. Keyes S, Spouge RJ, Kennedy P et al. (2024). Approach to acute traumatic and nontraumatic diaphragmatic abnormalities. *Radiographics.* 44(6): e230110. doi: 10.1148/rq.230110.
42. Kim DH, Sung SC, Kim H et al. (2021). Is the plecting technique superior to the invaginating technique for plication of diaphragmatic eventration in infants? *J Pediatr Surg.* 56(5): 995-999. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.07.015.
43. Konstantinidi A, Liakou P, Kopanou Taliaka P et al. (2023). Congenital diaphragmatic eventration in the neonatal period: Systematic review of the literature and report of a rare case presenting with gastrointestinal disorders. *Pediatr Rep.* 15(3): 442-451. doi: 10.3390/pediatric15030041.
44. Kulkarni ML, Sneharoop B, Vani HN et al. (2007). Eventration of the diaphragm and associations. *Indian J Pediatr.* 74(2): 202-205. doi: 10.1007/s12098-007-0018-x.
45. Le UT, Titze L, Hundeshagen P et al. (2023). Robotic diaphragm plication: functional and surgical outcomes of a single-center experience. *Surg Endosc.* 37(6): 4795-4802. doi: 10.1007/s00464-023-09942-7.
46. Leo F, Girotti P, Tavecchio L et al. (2010). Anterior diaphragmatic plication in mediastinal surgery: the "reefing the mainsail" technique. *Ann Thorac Surg.* 90(6): 2065-2067. doi: 10.1016/j.athoracsurg.2010.02.043.
47. Maish MS. (2010). The diaphragm. *Surg Clin North Am.* 90(5): 955-968. doi: 10.1016/j.suc.2010.07.005.
48. Mahalingam H, Babu B, Rangasami R et al. (2020). Fetal magnetic resonance imaging in the evaluation of congenital diaphragmatic anomalies. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 51: 221. doi: 10.1186/s43055-020-00340-w.
49. Maltby JR, Beriault MT, Watson NC et al. (2003). LMA-Classic and LMA-ProSeal are effective alternatives to endotracheal intubation for gynecologic laparoscopy. *Can J Anaesth.* 50(1): 71-77. doi: 10.1007/BF03020191.
50. Mitsiakos G, Gavras C, Katsaras GN et al. (2022). Parvovirus B19 intrauterine infection and eventration of the diaphragm. *Prague Med Rep.* 123(1): 48-55. doi: 10.14712/23362936.2022.6.
51. Moreno-Gallarraga L, Bardaji C, Herranz Aguirre M, Viguria N. (2021). Diaphragmatic pathology in children: Not always an easy diagnosis. *Pediatr Emerg Care.* 37(11): e767-e768. doi: 10.1097/PEC.0000000000001765.
52. Mouroux J, Padovani B, Poirier NC et al. (1996). Technique for the repair of diaphragmatic eventration. *Ann Thorac Surg.* 62(3): 905-907. doi: 10.1016/s0003-4975(96)00530-9.
53. Mouroux J, Venissac N, Leo F et al. (2005). Surgical treatment of diaphragmatic eventration using video-assisted thoracic surgery:

- a prospective study. *Ann Thorac Surg.* 79(1): 308-312. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.06.050.
54. Muller NL, Bryan AC. (1979). Chest wall mechanics and respiratory muscles in infants. *Pediatr Clin North Am.* 26(3): 503-516. doi: 10.1016/s0031-3955(16)33745-2.
55. Narayana Swamy DK, Goplakrishna K, Anbareesha M. (2007). PONV: comparison of TIVA with propofol versus inhalational anaesthesia. *J Anaesthesiol Clin Pharmacol.* 23(4): 387-390.
56. Nardini M, Jayakumar S, Migliore M et al. (2021). Minimally invasive plication of the diaphragm: A single-center prospective study. *Innovations (Phila).* 16(4): 343-349. doi: 10.1177/15569845211011583.
57. Nason LK, Walker CM, McNeeley MF et al. (2012). Imaging of the diaphragm: anatomy and function. *Radiographics.* 32(2): E51-E70. doi: 10.1148/rg.322115127.
58. Podgaetz E, Garza-Castillon R Jr, Andrade RS. (2016). Best approach and benefit of plication for paralyzed diaphragm. *Thorac Surg Clin.* 26(3): 333-346. doi: 10.1016/j.thorsurg.2016.04.009.
59. Rana A, Manchanda S, Dadhwal V. (2021). Congenital focal eventration of the left hemidiaphragm: diagnostic dilemma resolved on prenatal MRI. *BMJ Case Rep.* 14(8): e245771. doi: 10.1136/bcr-2021-245771.
60. Reed JA, Borden DL. (1935). Eventration of the diaphragm: With a report of two cases. *Arch. Surg.* 31(1): 30-64. doi:10.1001/archsurg.1935.01180130033003.
61. Rizeq YK, Many BT, Vacek JC et al. (2020). Diaphragmatic paralysis after phrenic nerve injury in newborns. *Pediatr Surg.* 55(2): 240-244. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2019.10.038.
62. Robinson AE, Gooneratne NS, Blackburn WR, Brogdon BG. (1980). Bilateral anteromedial defect of the diaphragm in children. *AJR. Am J Roentgenol.* 135(2): 301-306. doi: 10.2214/ajr.135.2.301.
63. Sallout B, Alshebli D, Sallout L et al. (2021). Fetal diaphragmatic eventration: A case report. *J Obstet Gynaecol Can.* 43(8): 993-997. doi: 10.1016/j.jogc.2020.12.014.
64. Sandstrom CK, Stern EJ. (2011). Diaphragmatic hernias: a spectrum of radiographic appearances. *Curr Probl Diagn Radiol.* 40(3): 95-115. doi: 10.1067/j.cpradiol.2009.11.001.
65. Shah-Mirany J, Schmitz GL, Watson RR. (1968). Eventration of the diaphragm. Physiologic and surgical significance. *Arch Surg.* 96(5): 844-850. doi: 10.1001/archsurg.1968.01330230152024.
66. Simansky DA, Paley M, Refaely Y, Yellin A. (2002). Diaphragm plication following phrenic nerve injury: a comparison of paediatric and adult patients. *Thorax.* 57(7): 613-616. doi: 10.1136/thorax.57.7.613.
67. Singh G, Rai RK, Pant N, Wakhlu A. (2020). Study of thoracoscopic repair of diaphragmatic eventration in children: A case series. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 30(6): 692-694. doi: 10.1089/lap.2019.0805.
68. Sodhi KS, Narsimhan KL, Bhattacharya A, Khandelwal N. (2011). Bilateral congenital diaphragmatic eventration: an unusual cause of respiratory distress in an infant. *Afr J Paediatr Surg.* 8(2): 259-260. doi: 10.4103/0189-6725.86082.
69. Soni A, Singh P, Singh RJ, Sood V. (2005). Eventration of diaphragm – Embryological basis. *J Anat Soc India.* 54(1): 39-41.
70. Steimer D, DeBarros M, Marshall MB, Jaklitsch M. (2022). Thoracoscopic radial diaphragm plication. *Ann Thorac Surg.* 114(3): e227-e230. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.11.037.
71. Symbas PN, Hatcher CR, Waldo W. (1977). Diaphragmatic eventration in infancy and childhood. *Ann Thorac Surg.* 24(2): 113-119. doi: 10.1016/s0003-4975(10)63718-6.
72. Takahashi T, Okazaki T, Ochi T et al. (2013). Thoracoscopic plication for diaphragmatic eventration in a neonate. *Ann Thorac Cardiovasc Surg.* 19(3): 243-246. doi: 10.5761/atcs.cr.12.01907.
73. Tepe M, Inan I, Kafadar S. (2024). Bi-parametric MRI of the diaphragm using dynamic and static images: The initial experience. *Cureus.* 16(5): e61446. doi: 10.7759/cureus.61446.
74. Thomas TV. (1970). Congenital eventration of the diaphragm. *Ann Thorac Surg.* 10(2): 180-192. doi: 10.1016/s0003-4975(10)65584-1.
75. Tiryaki T, Livanelioglu Z, Atayurt H. (2006). Eventration of the diaphragm. *Asian J Surg.* 29(1): 8-10. doi: 10.1016/S1015-9584(09)60285-2.
76. Versteegh MIM, Braun J, Voigt PG et al. (2007). Diaphragm plication in adult patients with diaphragm paralysis leads to long-term improvement of pulmonary function and level of dyspnea. *Eur J Cardiothorac Surg.* 32(3):449-456. doi: 10.1016/j.ejcts.2007.05.031.
77. Vieira Martins M, Martins DS, Oliveira G. (2021). Diaphragmatic eventration as a first sign of Scimitar syndrome. *Cardiol Young.* 31(11): 1870-1872. doi: 10.1017/S1047951121001694.
78. Wayne ER, Campbell JB, Burrington JD, Davis WS. (1974). Eventration of the diaphragm. *J Pediatr Surg.* 9(5): 643-651. doi: 10.1016/0022-3468(74)90101-8.
79. Wei S, Lu R, Zhang Z et al. (2022). MRI-assessed diaphragmatic function can predict frequent acute exacerbation of COPD: a prospective observational study based on telehealth-based monitoring system. *BMC Pulm Med.* 22: 438. doi: 10.1186/s12890-022-02254-x.
80. Wu S, Zang N, Zhu J et al. (2015). Congenital diaphragmatic eventration in children: 12 years' experience with 177 cases in a single institution. *J Pediatr Surg.* 50(7): 1088-1092. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2014.09.055.
81. Xu PP, Chang XP, Tang ST et al. (2020). Robot-assisted thoracoscopic plication for diaphragmatic eventration. *J Pediatr Surg.* 55(12): 2787-2790. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.06.034.
82. Yazici M, Karaca I, Arikian A et al. (2003). Congenital eventration of the diaphragm in children: 25 years' experience in three pediatric surgery centers. *Eur J Pediatr Surg.* 13(5): 298-301. doi: 10.1055/s-2003-43573.
83. Yongue C, Geraci TC, Chang SH. (2024). Management of diaphragm paralysis and eventration. *Thorac Surg Clin.* 34(2): 179-187. doi: 10.1016/j.thorsurg.2024.01.006.
84. Zhao S, Pan Z, Li Y et al. (2020). Surgical treatment of 125 cases of congenital diaphragmatic eventration in a single institution. *BMC Surg.* 20(1): 270. doi: 10.1186/s12893-020-00928-z.
85. Zhen L, Gu CM, Huang LY, Li DZ. (2019). Congenital cystic diaphragm with diaphragmatic eventration in a fetus: a case presentation. *Fetal Pediatr Pathol.* 38(4): 335-339. doi: 10.1080/15513815.2019.1588440.

Відомості про авторів:

Переяслов Андрій Анатолійович – д.мед.н., проф., проф. каф. дитячої хірургії ЛНМУ ім. Д. Галицького. Адреса: м. Львів, вул. Лисенка 31. <https://orcid.org/0000-0002-1225-0299>.

Русак Петро Степанович – д.мед.н., проф., проф. каф. дитячої хірургії, анестезіології, ортопедії та травматології НУОЗ України ім. П.Л. Шупика; зав. хірургічного відділення №1 КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» ЖОР. Адреса: Житомирська обл., Житомирський р-н, с. Станишівка, шосе Сквирське, 6. <https://orcid.org/0000-0002-1267-0816>.

Стаття надійшла до редакції 12.01.2025 р., прийнята до друку 10.06.2025 р.