

УДК 618.5-06:616.26-007.5-053.31-089.882

Д.Ю. Кривченя¹, І.В. Ксьонз², Є.О. Руденко^{1,3}, В.І. Похилько², М.Г. Мельниченко⁴

Евентрація/релаксація діафрагми внаслідок пологової травми. Реіннервація в доповнення до плікації. Багаторічний віддалений результат відновлення функції діафрагми

¹Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

²Полтавський державний медичний університет, Україна

³Національна дитяча спеціалізована лікарня «ОХМАТДИТ», м. Київ, Україна

⁴Одеський національний медичний університет, Україна

Paediatric Surgery (Ukraine). 2025. 1(86): 121-130. doi: 10.15574/PS.2025.1(86).121130

For citation: Krivchenya DYU, Ksonz IV, Rudenko YeO, Pokhylko VI, Melnychenko MG. (2025). Eventration/relaxation of the diaphragm due to birth trauma. Reinnervation in addition to plication. Long-term distant results of diaphragm function restoration. Paediatric Surgery (Ukraine). 1(86): 121-130. doi: 10.15574/PS.2025.1(86).121130.

Мета – провести ретроспективний аналіз катамнестичного спостереження за дітьми з евентрацією/релаксацією діафрагми внаслідок пологової травми з оперативною реіннервацією та плікацією.

Клінічні випадки. Прослідковано і проаналізовано двоє дітей, які народилися з повною релаксацією купола діафрагми з правого боку, плекситом Ерба–Дюшена, гідроцефальним синдромом унаслідок гіпоксично-ішемічного ураження центральної нервової системи, із пневмонією. Діагноз встановлено в ранньому неонатальному періоді, а у зв'язку з тяжкістю дихальних розладів проведено респіраторну підтримку (штучну вентиляцію легень) та інтенсивну терапію в умовах відділення анестезіології та інтенсивної терапії новонароджених. У наведених клінічних випадках показано рідкісну патологію пологового паралічу купола діафрагми внаслідок пошкодження діафрагмального нерва. Пацієнтів проліковано оперативним шляхом за допомогою реентрації купола діафрагми методом плікації з одночасною реіннервацією. Ці оперативні втручання мали 100-відсотковий успіх серед пацієнтів.

Висновки. Евентрація діафрагми являє собою рідкісну патологію, яка супроводжується дихальними розладами, тяжкою дихальною недостатністю, що потребує штучної вентиляції легень із подальшим оперативним втручанням для відновлення функції діафрагми. Корекція евентрації купола діафрагми методом плікації з одночасною реіннервацією є найдієвішим оперативним методом лікування в новонароджених.

Дослідження виконано згідно з принципами Гельсінської декларації. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків дітей.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Ключові слова: евентрація діафрагми, реіннервація, плікація діафрагми, симультанна операція, торакотомія, респіраторний дистрес-синдром, мертвий простір легень, пологовий параліч Ерба-Дюшена.

Eventration/relaxation of the diaphragm due to birth trauma. Reinnervation in addition to plication. Long-term distant results of diaphragm function restoration

D.Yu. Krivchenya¹, I.V. Ksonz², Ye.O. Rudenko^{1,3}, V.I. Pokhylko², M.G. Melnychenko⁴

¹Bohomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

²Poltava State Medical University, Ukraine

³National Specialized Children's Hospital «OHMATDYT», Kyiv, Ukraine

⁴Odesa National Medical University, Ukraine

Aim – retrospective analysis of the catamnesis observation of children with eventration/relaxation of the diaphragm due to birth trauma with surgical reinnervation and plication.

Clinical case

Clinical cases. Two children were followed up and analyzed, both born with full relaxation of the diaphragm dome on the right side, Erb-Duchenne plexitis, hydrocephalic syndrome due to hypoxic-ischemic brain injury, and pneumonia. The diagnosis was established in the early neonatal period, and the severity of respiratory disorders required respiratory support (mechanical ventilation of the lungs) and intensive therapy in the newborn intensive care unit. The clinical cases presented demonstrate a rare pathology of birth paralysis of the diaphragm dome due to damage to the phrenic nerve. The patients were treated surgically by means of reventration of the diaphragm dome using the plication method with simultaneous reinnervation. These surgical interventions had a 100% success rate among the patients.

Conclusions. Diaphragmatic eventration is a rare pathology accompanied by respiratory disorders, severe respiratory failure requiring mechanical ventilation with subsequent surgical intervention to restore diaphragm function. Correction of the diaphragm eventration using the plication method with simultaneous reinnervation is the most effective surgical method of treatment in newborns.

The research was carried out in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki. Informed consent of the child and child's parents was obtained for the studies.

No conflict of interest was declared by the author.

Keywords: diaphragm eventration, reinnervation, diaphragm plication, simultaneous surgery, thoracotomy, respiratory distress syndrome, lung dead space, Erb-Duchenne birth paralysis.

Вступ

Повне розслаблення купола діафрагми із втратою ним тону і високим стоянням вперше описано J.-L. Petit у 1774 р. В іноземних джерелах цей варіант діафрагмальної грижі в дітей називається «евентрація». У клінічній практиці домінує термін «релаксація». Оскільки в більшості випадків патологія супроводжується тяжким респіраторним дистрес-синдромом, що потребує невідкладної допомоги, більш доцільне визначення «евентрація діафрагми».

Основними чинниками паралічу купола є пошкодження діафрагмального нерва під час ускладнених пологів у надмірно великої дитини (4,5 кг і більшою вагою) із необхідністю залучення мануальної акушерської допомоги шляхом виведення плечового поясу з тракцією та пошкодженням плечового сплетення в шийному сегменті хребта, де розташовані початкові корінці діафрагмального нерва. З поширенням частоти операцій на органах грудної клітки в дітей параліч діафрагми досягає 25–30%, а в разі реконструктивних операцій на серці частота пошкодження надважливого нерва середостіння становить 1,5–10% [6].

Клінічний перебіг денервації навіть одного купола діафрагми є тяжким, потребує застосування оксигенотерапії та респіраторної підтримки у вигляді неінвазивних та інвазивних методів штучної вентиляції легень (ШВЛ), високочастотної ШВЛ, тривалої СРАР-терапії з високими концентраціями кисню (FiO_2 у межах 50–80%). Тяжкість стану визначається етіопатогенетичними чинниками, дихальною недостатністю, необхідністю пролонгованої ШВЛ і СРАР-терапії, кисневої залежності протягом декількох місяців лікування.

Історія хірургічної допомоги починається з 1889 р., коли видатний німецький хірург Карл

Лангебух вперше укріпив і підняв діафрагму з абдомінального доступу, щоб поліпшити функцію дихання. Першу успішну плікацію діафрагми при її паралічі для зменшення її об'єму виконав американський хірург Чарльз Ліндберг у 1923 р. Минуло більше століття відтоді, але протоколу надання допомоги при евентрації діафрагми з респіраторним дистрес-синдромом немає [1].

Основним методом хірургічного лікування новонароджених із паралічем діафрагми травматичного генезу залишається плікація з варіантами накладання швів від купола до центру з формуванням дуплікатури або триплікатури [6,15]. Настирливо обговорюються тільки варіанти застосування доступу торакального або торакоскопічного. Перевага надається мініінвазивному торакоскопічному методу [6,15], започаткованому в 1995 р. [18]. Операція плікації діафрагми не відновлює її функції. Справжній ефект полягає в зменшенні шкідливого впливу парадоксальних рухів на вентиляцію й газообмін контрлатеральної легені.

Респіраторна система при нормальній анатомії має 10-кратний резерв і забезпечує відносно нормальну функцію газообміну при єдиній легені, з нормальною гемідіафрагмою. Денервована половина діафрагми парадоксальними рухами збільшує мертвий простір легень, формує флотацію альвеолярного повітря з низьким параметром вмісту O_2 (14%) і високим вмістом CO_2 (5%). Практично перекривається надходження O_2 з атмосфери до альвеол із маніфестацією гіпоксії з гіперкапнією. Наслідком цього є важковиліковний метаболічний алкалоз, іноді навіть при ШВЛ.

Можливості поліпшення результатів хірургічного лікування пошкодженої респіраторної системи

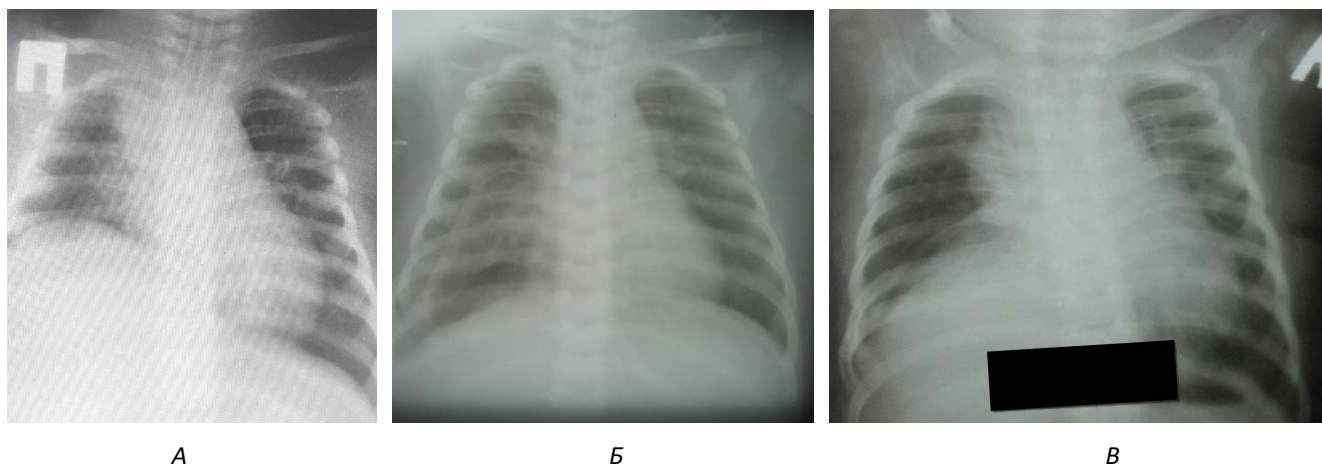


Рис. 1. Оглядова рентгенографія грудної клітки пацієнтки П. до операції та в динаміці післяопераційного періоду: А – перед операцією (високе «стояння» правого купола діафрагми внаслідок її евентрації/релаксації); Б – за добу після операції (правий купол діафрагми розташований у близькому до нормального положенні з невеликою гіперкорекцією) В – рентгенограма за 3 тижні після операції

проглядаються у відновленні функції діафрагми, її реіннервації, збереженні тону і синхронних рухів із контрлатеральним куполом.

Публікацій клінічних спостережень реіннервації діафрагми при її паралічі в літературних джерелах не знайдено.

Мета – провести ретроспективний аналіз катамнестичного спостереження за дітьми з евентрацією/релаксацією діафрагми внаслідок пологової травми з оперативною реіннервацією та плікацією.

Нижче наведено клінічні випадки надання допомоги новонародженим дітям із респіраторним дистрес-синдромом та ознаками травматичної денервації купола діафрагми з новим підходом: замість обмеження патологічних (парадоксальних) рухів до нормалізації через реіннервацію діафрагми.

Дослідження виконано згідно з принципами Гельсінської декларації. На проведення досліджень отримано інформовану згоду батьків дітей.

Клінічний випадок 1

Дівчинка П. (2008 р.) народилася на 40-му тижні гестації природним шляхом із масою тіла 5090 г, пологи ускладнені передчасним виливом навколоплідних вод, тривалий безводний проміжок, дисторсія плечиків. Одразу після народження маніфестували дихальні розлади, корекція яких потребувала інтубації трахеї та ШВЛ. Дитина була на ШВЛ до дня операції у відділенні анестезіології та інтенсивної терапії (ВАІТ) без тенденції до поліпшення стану та можливостей дезінтубації. Свідомість збережена. Виявлено порушення положення та рухів правої руки, характерні для пологового

паралічу Ерба-Дюшена. За результатами рентгенологічного обстеження відзначено ознаки паралічу правого купола діафрагми (рис. 1 А); за даними комп'ютерної томографії (КТ) головного мозку та шийного відділу хребта (за 3 тижні після народження) не виявлено патологічних змін головного мозку. На КТ-сканах шийного відділу хребта вісь хребця збережена, підвивиху VI шийного хребця немає. Даних про об'ємний процес головного мозку немає. Гідроцефалія. Діагноз «Пологова спінальна травма. Правобічна релаксація (евентрація) діафрагми. Правобічний пологовий параліч Ерба-Дюшена. Псевдобульбарний синдром унаслідок пологової спінальної травми. Гідроцефальний синдром унаслідок гіпоксично-ішемічного ураження головного мозку. Двобічна пневмонія. Дихальна недостатність III ст. Відкрите овальне вікно 3 мм, вторинна кардіоміопатія».

Клінічний аналіз крові (напередодні операції): гемоглобін – 110 г/л, еритроцити – $3,4 \times 10^{12}$ /л, лейкоцити – $18,7 \times 10^9$ /л, паличкоядерні – 6%, сегментоядерні – 26%, лімфоцити – 53%, еозинофіли – 5%, швидкість осідання еритроцитів – 3 мм/год.

Біохімічний аналіз крові: загальний білок – 54,6 г/л, сечовина – 5,6 ммоль/л, креатинін – 38,7 мкмоль/л, білірубін – 9,0 мкмоль/л, аланінамінотрансфераза – 32 ОД/л, аспартатамінотрансфераза – 46 ОД/л, калій – 4,1 ммоль/л.

У зв'язку з відсутністю ефекту консервативного лікування консиліумом вирішено доповнити його хірургічним втручанням для реконструкції діафрагми – плікації та реіннервації. Матір і родичів попередили про високий ризик операції. Згода отримана.

Clinical case

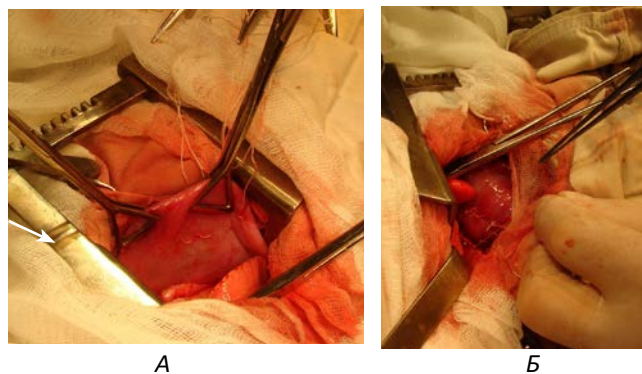


Рис. 2. Інтраопераційні фото: А – евентрована діафрагма легкого береться у складку, плікація діафрагми методом триплікатури; Б – формування міжневрального анастомозу між інтеркостальним нервом і дистальною порцією діафрагмального нерва (стрілка)

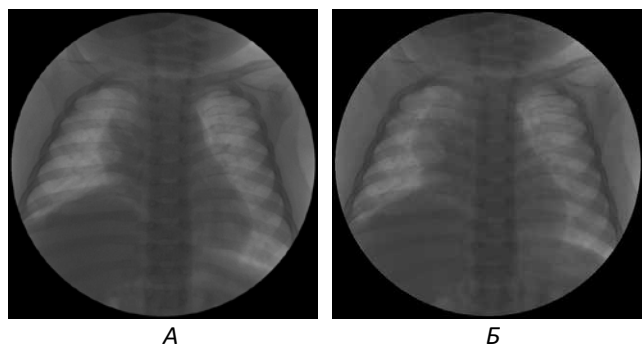


Рис. 3. Рентгеноскопичне обстеження дитини П. за 6 місяців після операції (А – фаза вдиху, Б – фаза видиху): рухливість правого купола діафрагми обмежена, він розташований на рівні VII ребра, лівий купол рухається задовільно в межах одного міжребер'я. Середостіння займає серединне положення

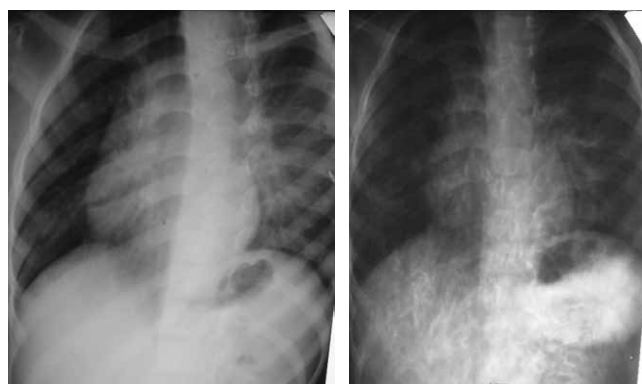


Рис. 4. Рентгенологічне обстеження у віддаленому періоді за 4 роки після операції

Операція: пластика (ревентрація) діафрагми методом плікації з одночасною реіннервацією. Вік дитини – 2 місяці 3 тижні, маса тіла – 6900 г. Хірурги: Д.Ю. Кривченя, асистент І.В. Ксьонз. Анестезіолог: В.І. Похилько.

Правобічна торакотомія по VII міжреберному проміжку. На момент огляду встановлено високе стояння

правого купола. Діафрагма м'язова, атонічна, легко береться у велику складку. Під контролем поза зоною розгалуження діафрагмального нерва складку в задньолатеральному секторі поодинокими швами прошито по основі з подальшою фіксацією в реберно-діафрагмальному синусі за варіантом триплікатури (рис. 2А). Другий етап симультанної операції – реіннервація діафрагми. Надсічено легенево-діафрагмальну зв'язку. Атрауматично мобілізовано нерв VII міжреберного проміжку та діафрагмальний нерв на перикарді на відстані, достатній для з'єднання без натягу. Нерви пересічено лезом і зшити кінець у кінець CV 8,00 Gortex під окулярним 5-кратним збільшенням. Відновлений нерв покладено на передню поверхню хребта (рис. 2Б). Плевральну порожнину дренажно, легень розправлено. Рану пошарово зашито.

Перебіг післяопераційного періоду – без ускладнень. З 4-ї післяопераційної доби проведено допоміжну ШВЛ із параметрами: FiO – 0,4, Pin – 28 см H₂O. На 5-ту добу дитину переведено на самостійне дихання, SpO₂ – 90–92%. Ще за 3 доби її переведено з ВАІТ до хірургічного відділення. На 12-ту добу частота дихання становила 42/хв, частота серцевих скорочень – 130 уд./хв. За 20 діб після операції SpO₂ становила 91–93%, киснева залежність відсутня, для подальшого лікування переведено до відділення раннього дитинства. Рентгенологічну динаміку післяопераційного періоду наведено на рисунках 1 Б та 1 В. Перед випискою зроблено контрольну рентгенографію органів грудної клітки за 3 тижні після операції легеневі поля пневматизовані, легеневий малюнок посилений. Права легень зменшена в об'ємі. Правий купол діафрагми розташований на рівні переднього відрізка IV ребра, серединна тень дещо розширена. Порівняно з передопераційними дослідженнями динаміка позитивна. Рівно за 1 місяць після операції дитину виписано з поліпшенням під нагляд педіатра.

Медичний висновок обстеження функції правої руки за 1 місяць після операції: за стимуляції гілок нижнього та верхнього стовбура правого плечового сплетіння реакції не отримано, М-відповідь по серединному, променевому, м'язово-шкірному нервах. Дані вказали на ознаки перенесеної денервації на рівні нижнього і верхнього правого плечового сплетіння з грубим порушенням функції правого плеча і кисті. За даними рентгеноскопичного обстеження за 6 місяців після операції виявлено стабільне положення правого купола діафрагми за нормальної рухливості лівого, серединне нормальне положення середостіння, задовільну пневматизацію обох легень (рис. 3). Клінічно дитина не мала виражених респі-

раторних симптомів. У віці 4 роки дитина мала нормальний фізичний розвиток, респіраторні симптоми відсутні, рентгенологічне обстеження показало нормальне положення та синхронний рух правого і лівого куполів діафрагми (рис. 4).

Віддалений результат оцінено за даними клінічного і рентгеноскопичного обстеження у віці 16 років (станом на 2024 р.). Дівчинка фізично розвинута нормально та відповідає віковому стану (рис. 5). Скарг на порушення дихання за навантаження немає. Багато-разово брала участь в параолімпійських змаганнях, має «золоті» медалі з плавання в групі з порушенням функції правої руки внаслідок паралічу Ерба. Рентгеноскопія в прямій і правій бічній проєкціях: куполи діафрагми синхронно рухаються. Зліва – з рівними контурами, нормальної опуклості, у правильному положенні. Справа – злегка припіднятий у медіально-передньому відділі, з різким обмеженням рухомості в передньо-медіальному відділі та збереженою рухомістю. Реберно-діафрагмальні синуси: передньо-медіальний справа – запаяний, інші – вільні. Легені на всьому протязі прилягають до грудної клітки. Усі відділи легень рівномірно пневматизовані. Легенева структура і судинний малюнок звичайні. Корені легень структурні, без додаткових тінеутворень. Середостіння розміщене центрально, звичайної ширини. Тінь серця судинного пучка нормальної конфігурації. Задні відрізки VII–VIII ребер справа зрощені по передньолопатковій і задній пахвовій лініях. Нормальне зображення м'яких тканин грудної клітки. Висновок: правий купол злегка припіднятий у медіально-передньому відділі, з різким обмеженням рухомості в передньо-медіальному відділі та збереженою рухомістю в латерально-задньому відділі. Синостоз VII–VIII ребер справа (рис. 6).

Клінічний випадок 2

Хлопчик Б. народився на 40-му тижні гестації. Вагітність – 6, пологи – 4, самостійні, природним



Рис. 5. Дівчинка П., віком 16 років (2024 р.)

шляхом, ускладнене виведення плечиків. Крупний плід масою 5150 г, довжиною 53 см. Окружність голови – 38 см, грудної клітки – 41 см, оцінка за шкалою Апгар – 4/4 бали. Одразу надано оксигенацію за допомогою ШВЛ мішком Амбу. Після стабілізації стану дитину з відділення реанімації районної лікарні переведено до обласної дитячої лікарні м. Полтави з діагнозом «Дихальна недостатність III ст.». Після клінічного та променевого дообсте-

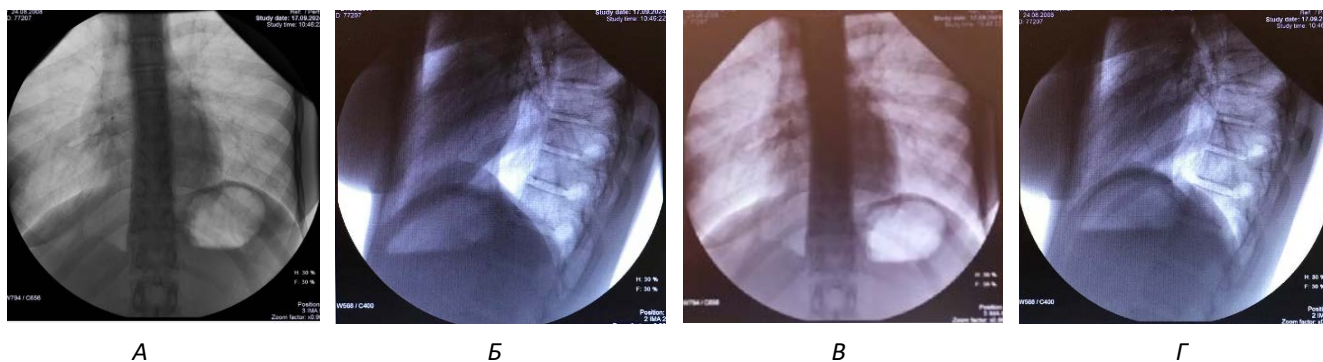


Рис. 6. Рентгеноскопичне обстеження дівчинки П., у віддаленому періоді після операції (вік 16 років) у прямій і бічній проєкціях: А, Б – фаза вдиху; В, Г – фаза видиху. Нормальне розташування куполів діафрагми, синхронний їх рух

Clinical case

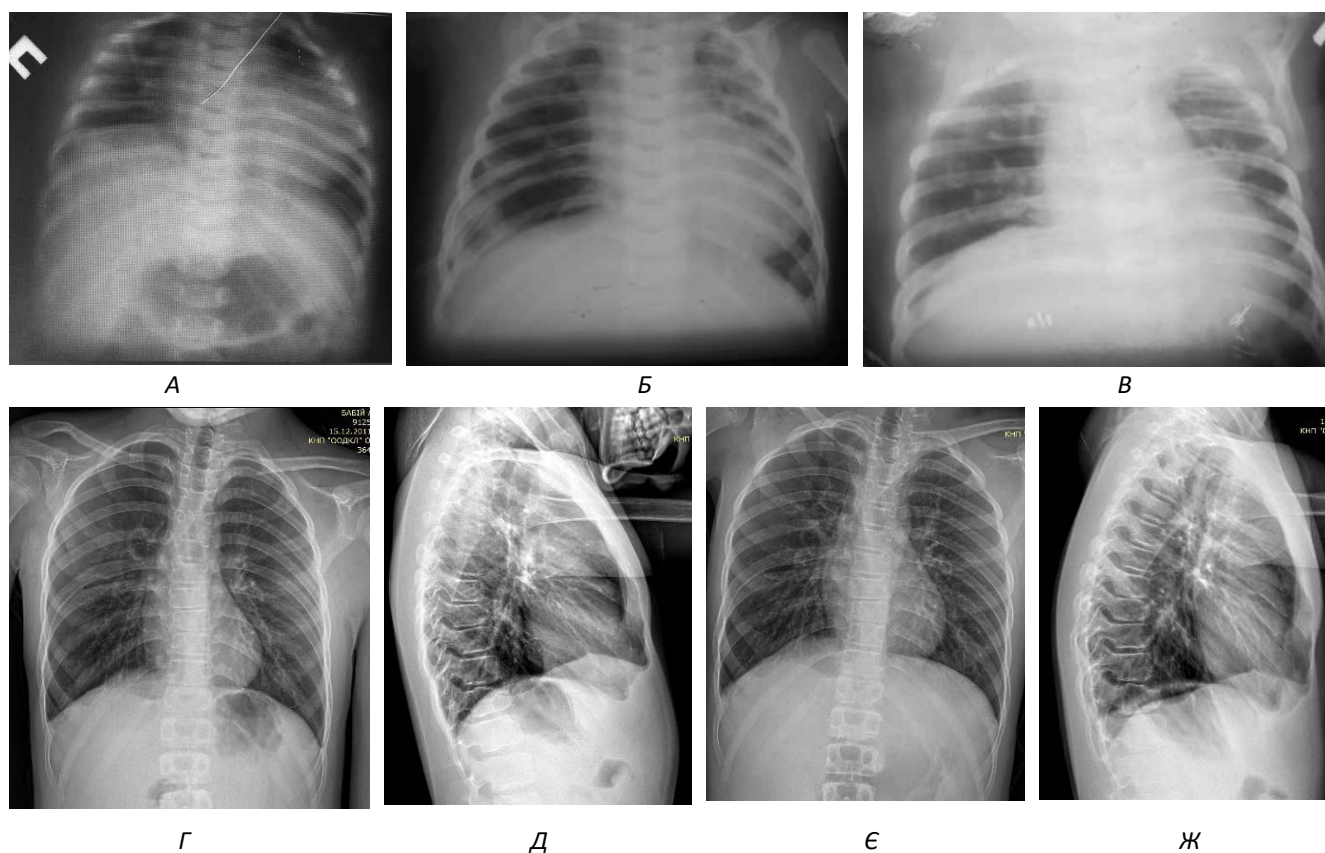


Рис. 7. Рентгенологічне обстеження пацієнта Б. до операції та у віддаленому періоді після операції: А – знімок за 10 днів до операції (високе стояння правого купола діафрагми); Б – знімок на 2-гу добу після операції; В – знімок на 23-тю добу після операції; Г-Ж – рентгенологічне обстеження у віддаленому післяопераційному періоді зв 13 років після операції (рентгенографія/скопія у прямій і правій бічній проєкціях): Г, Д – фаза вдиху; Е, Ж – фаза видиху (пояснення в тексті)

ження (ультразвукова діагностика (УЗД), КТ головного мозку) діагноз уточнено: параліч правого купола діафрагми. Тотальний плексит Ерба–Дюшена внаслідок пологової травми, підвивих С3–С4, залишкова гідроцефалія внаслідок гіпоксично-ішемічного ураження центральної нервової системи, ангіопатія сітківки обох очей, залишкові явища пневмонії, відкрите овальне вікно – 3 мм, фракція викиду – 58%. Протягом трьох місяців проведено інтенсивну терапію, антибактеріальну терапію (ампіцилін, тіенам та ін.), дексаметазон, нейровітан, карнієль, енцефабол тощо. ШВЛ проведено від народження протягом наступних 2 місяців. Протягом наступного місяця дихає самостійно з наданням кисню через носові канюлі та оксигенацією до 94%, що знижується після збудження і потребує седативних препаратів, а також переходу на дихання під маскою. Дитина у свідомості, частота дихання – 64/хв, артеріальний тиск – 93/44 мм рт. ст., середній тиск – 62 мм рт. ст. Рухи в правій руці відсутні.

Рентгенографія органів грудної клітки за 10 днів до операції (рис. 7 А): високе стояння правого ку-

пола діафрагми з правого боку з парезом діафрагми; залишкові явища пневмонії; тінь серця розширена, зміщена вліво.

У зв'язку з тяжкою дихальною недостатністю і кисневою залежністю дитину переведено до міської клінічної лікарні м. Полтави для хірургічного лікування – симультанної операції: плікації та реіннервації діафрагми.

Протокол операції (м. Полтава). Реконструкція (ревентрація) купола діафрагми методом плікації з одночасною реіннервацією. Хірурги: Д.Ю. Кривченя, асистент І.В. Ксьонз. Анестезіолог: В.І. Похилько.

Бічна торакотомія по VII міжреберному проміжку справа. На момент огляду констатовано високе стояння купола діафрагми. Діафрагма м'язова, з чіткими розгалуженням нерва по куполу. На латерально-задній сектор діафрагми поза зоною входження нерва накладено три гофрувальні шви (капрон 0). Другим етапом надсичено легенево-діафрагмову зв'язку. Атрауматично мобілізований нерв у VII міжреберному проміжку і діафрагмаль-

ний нерв від перикарда. Після визначення довжини для з'єднання без перегину та натягу нерви пересічено лезом (не ножицями) та зшити кінець у кінець (prolene 6/0) під 5-кратним збільшенням з укладкою конструкції на хребет (рис. 8). Торакотомну рану закрито з дренажуванням. На 5-ту добу дитину переведено на самостійне дихання (оксигенація маскою) із частотою 36–38 за хвилину, сатурація O_2 – 91–95%, артеріальний тиск – 89/46 мм рт. ст., Ps – 122/хв.

Оглядова рентгенографія органів грудної клітки після операції: легені розправлені, більше зліва; легеневи малюнок посилений, корені структурні; тінь серця розширена; правий купол діафрагми на рівні VII ребра, лівий – на рівні IX ребра (рис. 7 Б, В).

Дитину в задовільному стані виписано за 3 тижні додому під нагляд педіатра. Віддалений результат за 13 років після операції (2024 р.). Дитина фізично розвинута відповідно до віку, активна, грає у футбол, є лідером на шкільних змаганнях із бігу на 200 м (рис. 9). Респіраторних скарг немає. Зберігаються ознаки плечового плекситу. За результатами рентгенологічного обстеження грудної клітки, правий та лівий куполи рухаються синхронно, однак передній і задній скат правого купола рухаються асинхронно, амплітуда рухів лівого купола більша. Переконливих симптомів «коромисла» немає (рис. 7 Г–Ж).

Обговорення

Параліч купола діафрагми в дітей унаслідок пошкодження діафрагмального нерва під час пологів трапляється з частотою 1 випадок на 15–30 тис. живих новонароджених [1,17], а після кардіоторакальних операцій – 1,5–10% [6,13,18]. Уперше акушерське пошкодження діафрагмального нерва опубліковане Naunyn у 1902 р. Ізольоване ураження діафрагмального нерва спостерігається в приблизно чверті пацієнтів, а комбінація з паралічем Ерба – у 75% випадків [2].

Ятрогенна травма призводить до тяжкої дихальної недостатності, що потребує пролонгованої ШВЛ, інтенсивної терапії, із летальним наслідком у 10–15% [17]. У публікаціях визнається термінами: парез або параліч купола, релаксація, евентрація, евісцерація як варіант діафрагмальної грижі [6,15]. Загальновизнаним хірургічним втручанням вважаються варіанти плікації діафрагми [2]. Дискутабельне питання щодо обрання операційного доступу – торакотомного або торакоскопічного, тобто протокового визначення метода хірургічного втручання немає. Окрім того, немає патогне-

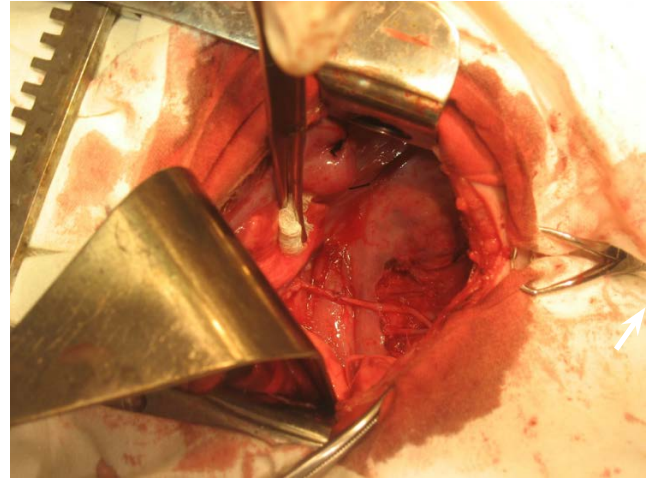


Рис. 8. Інтраопераційне фото. Анастомоз міжреберного і діафрагмального нерва кінець у кінець



Рис. 9. Пацієнт Б. віком 11 років (вересень 2024 року)

нетичного розкриття респіраторного дистрес-синдрому, а компресія легень паралізованою діафрагмою виглядає непереконливо. Парадоксальні рухи куполів діафрагми порушують вентиляцію легені за рахунок збільшення мертвого про-

Clinical case

стору (показника зовнішнього дихання) не тільки на боці ураження, але й контрлатерально. Сумація анатомічного та альвеолярного мертвого простору припадає на протилежну легеню, зменшуючи долю атмосферного повітря в дихальному об'ємі [14]. Дисбаланс тиску в плевральній та абдомінальній порожнинах сприяє рециркуляції альвеолярного повітря з високою концентрацією вуглекислого газу між легень у фазах дихання. Поновлення повітря альвеолярного простору атмосферним катастрофічно, в разі, зменшується. До того ж, зменшення рухів паралізованої діафрагми або парадоксальні її рухи догори зменшують потрапляння повітря в іпсилатеральну легеню, а зміщення мобільного середостіння у здоровий бік порушує вентиляцію здорової легені [4]. Таким чином, легеня над паралізованим куполом діафрагми «не дихає» та ще й заважає функції газообміну контрлатеральній легені.

Накопичення CO₂ знижує чутливість дихального центру до нього з подальшим ослабленням вентиляції, поглибленням гіперкапнії, гіпоксії, легеневої вазоконстрикції та метаболічного алкалозу [16]. Підлягає розгляду оцінювання самої операції плікації діафрагми, що традиційно застосовується понад 100 років. Уперше хірургічне лікування евертрації діафрагми з метою зменшення об'єму діафрагми, що призводить до дихальної недостатності, описане J.M. W. Morrison у 1923 р. [3]. Відтоді операція плікації діафрагми в різних модифікаціях набула поширеності серед хірургів різного профілю.

Простота операції з очевидною ефективністю, на жаль, не передбачає поновлення функції діафрагми, а зменшення її об'єму не повертає її синхронну скоротливість і мобільність куполів. Денервований м'яз зазнає атрофічної дегенерації і жодним чином не бере участі у вентиляції легень, не забезпечує збільшення резерву. До речі, резервний запас респіраторної системи 10-кратний: хвилинний об'єм дихання у дорослого в спокої становить 5–6 л, а за навантаження – 70–100 л і більше. Вентиляційні параметри новонародженого складно визначити, проте вони мають подібні тенденції. Маючи дві легені, за умови задовільної функції лише одного купола діафрагми такий резерв не досяжний.

Технологічний прогрес дає змогу повернути функцію діафрагми імплантацією пейсмейкерів, що необхідно при скелетній травмі з пошкодженням спинного мозку, особливо за двобічної денервації діафрагми [7,13]. Без додаткової електричної стимуляції відійти самостійно від ШВЛ не можливо. Глибоке дослідження можливостей реіннервації,

у тому числі в експерименті на тваринах, у разі спінальної травми в дорослих провели L.M. Krieger та A.J. Krieger [7], застосувавши симультанний трансфер нервів зі встановленням пейсмейкерів. Незалежно від інших дослідників проф. Д.Ю. Кривченя у 2008 р. запропонував використання міжреберного нерва для реіннервації паралізованої діафрагми шляхом його анастомозу з діафрагмальним нервом симультанно з плікацією діафрагми. У разі пологової травми денервація діафрагми підтверджується наявністю паралічу Ерба. Верифікацію відриву трьох корінців діафрагмального нерва в шийному сплетенні можна тільки припускати. Тому прийняття рішення про пересічення діафрагмального нерва для анастомозу залишається проблемним. Враховуючи безуспішне тримісячне лікування пацієнтів, цілісність спинного мозку з наявністю імпульсної активності міжреберних нервів, їх можна використовувати для виконання донорської функції. Однак цей нерв однокорінцевий, на противагу трикорінцевому діафрагмальному нерву. Крім того, довжина м'яза денервованої і піднятої догори діафрагми є значно більшою за нормальну, що суттєво знижує силу її скорочення в разі відновлення іннервації. Тому на допомогу потрібна плікація діафрагми для полегшення скоротливості м'яза відповідно до закону Лапласа, особливо на період регенерації міжневрального анастомозу. Наведені скопічні та графічні променеві дослідження пацієнтів у більш ніж десятирічних віддалених спостереженнях є абсолютно доказовими щодо ефективності реіннервації діафрагми та відновлення її динамічної функції в забезпеченні фізичної активності дітей, яка сама по собі також сприяє реабілітації.

Реіннервація діафрагми змінює алгоритм функції серцево-респіраторного комплексу і переводить його з «гіперкапнічної гойдалки» на коромислі Кінбаха на «кисневі стрибки на батуті».

Хоча на момент дослідження виконано шість симультанних операцій реіннервації діафрагми, нами не встановлено точного терміну поновлення провідності міжневрального анастомозу. Це може бути предметом подальших досліджень.

Наведені клінічні випадки пологової травми з тяжким перебігом респіраторного дистрес-синдрому з урахуванням безпосереднього і віддаленого результатів показують реалізацію ідеї реіннервації паралізованої діафрагми з відновленням важливої функції забезпечення вентиляції адекватно потребам фізичного навантаження. Перша операція реіннервації діафрагми (проф. Д.Ю. Крив-

чення, 2008) виконана в симультанному варіанті водночас із «жорсткою» плікацією у вигляді триплікатури. У другій операції (2012), знаючи віддалений ефект першої, виконана плікація діафрагми в «м'якому» варіанті окремими поодинокими швами на зразок інвагінації купола зі швидким терміном дезінтубації.

Застосовані підходи оперативної тактики в пацієнтів із паралічем діафрагми показали свою ефективність і були опубліковані в розроблених нами патентах на корисну модель [17,18,19]. Вважаємо, що персоналізована тактика і лікувально-діагностичні підходи потребують подальшого вивчення і оцінювання для підвищення якості життя дітей із цією хірургічною патологією.

Висновки

Пологова травма з пошкодженням плечового сплетення і діафрагмового нерва з паралічем купола діафрагми супроводжується важкокурабельним респіраторним дистрес-синдромом. Визначення діагнозу як евертрація діафрагми замість релаксації передбачає невідкладність надання допомоги – респіраторну інвазивну та неінвазивну вентиляційну підтримку.

У патогенезі розвитку респіраторного дистрес-синдрому домінує збільшення мертвого простору в дихальному об'ємі з рециркуляцією альвеолярного повітря. Вищезазначене спричиняє низький вміст кисню і призводить до підвищення рівня вуглекислого газу й розвитку гіперкапічного метаболічного алкалозу.

Дисбаланс коливань трансдіафрагмального тиску – негативного в плевральній та позитивного в абдомінальній порожнинах – призводить до порушення вентиляції та циркуляції в легенях.

Реіннервація діафрагми відновлює динамічну функцію важливого м'язового органа, нормалізує анатомо-функціональні взаємовідносини в респіраторній системі. Симультанний варіант плікації діафрагми – допоміжний чинник отримання позитивного ефекту кінцевого результату. При пологовій травмі діафрагмового нерва, плечового сплетення з паралічем діафрагми хірургічну корекцію слід розглядати як одну з перспективних тактик хірургічного лікування.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

References/Література

1. Bowerson M, Nelson VS, Yang LJ. (2010). Diaphragmatic paralysis associated with neonatal brachial plexus palsy. *Pediatr Neurol.* 42 (3): 234-236.

2. De Vries Reilingh TS, Koens BL, Vos A. (1998). Surgical treatment of diaphragmatic eventration caused by phrenic nerve injury in the newborn. *Journal of pediatric surgery.* 33(4): 602-605.
3. Groth SS, Andrade RS. (2010). Diaphragm plication for eventration or paralysis: a review of the literature. *The Annals of thoracic surgery.* 89(6): S2146-S2150.
4. Gruber PJ. (2017). Diaphragm plication: when and why to do it. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 154(5):1712-1713.
5. Hamilton JRL, Tocewicz K, Elliott MJ, De Leval M, Stark J. (1990). Paralyzed diaphragm after cardiac surgery in children: value of plication. *European journal of cardio-thoracic surgery.* 4(9): 487-491.
6. Kozlov YuA, Novozhylov VA, Rasputin AA, Kononenko MY, Kuznetsova PY, Portianoi DM. (2013). Torakoskopicheskaia plykatsiya dyafrahmy u detei pervikh 3 mesiatsev zhizny. *Detskaya khirurgiya.* 6: 23-26. [Козлов ЮА, Новожилів ВА, Распутін АА, Кононенко МІ, Кузнецова ПІ, Портяної ДМ. (2013). Торакоскопическая пликация диафрагмы у детей первых 3 месяцев жизни. *Детская хирургия.* 6: 23-26].
7. Krieger LM, Krieger AJ. (2000). The intercostal to phrenic nerve transfer: an effective means of reanimating the diaphragm in patients with high cervical spine injury. *Plastic and reconstructive surgery.* 105(4): 1255-1261.
8. Kryvchenia DIu, Benzar IM, Blikhar VE. (2015). Diafrahmalni hryzhi u ditei. Problemni pytannia diahnostryky i likuvannia. *Navch. posib. Ternopil: TDMU: 80.* [Кривченя ДЮ, Бензар ІМ, Бліхар ВЕ. (2015). Діафрагмальні грижі у дітей. Проблемні питання діагностики і лікування. *Навч. посіб. Тернопіль: ТДМУ: 80].*
9. Kryvchenia DYU, Benzar IM, Rudenko YeO ta in. (2014). Plastyka diafrahmy u novonarodzenykh ditei z aplaziieiu kupola. Rol ta mistse medytyny u zabezpechenni zdorov'ia liudyny u suchasnomu suspilstvi. *Materialy mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Odesa, 21-22 lystop. 2014 r. Mizhnarodnyi humanitarnyi universytet. Odesa: 58-60.* [Кривченя Д.Ю., Бензар І.М., Руденко Є.О. та ін. (2014). Пластика діафрагми у новонароджених дітей з аплазією купола. Роль та місце медицини у забезпеченні здоров'я людини у сучасному суспільстві. *Матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 21-22 листоп. 2014 р. Міжнародний гуманітарний університет. Одеса: 58-60].*
10. Kryvchenia DIu, Ksonz IV, Benzar IM, Prytula VP, Pokhylko VI. (2013). Sposib khirurhichnoho likuvannia paralichu diafrahmy u ditei. Patent na korysnu model №77820. *Biul. No.4 vid 25.02.2013.* [Кривченя ДЮ, Ксьонз ІВ, Бензар ІМ, Притула ВП, Похилько ВІ. (2013). Спосіб хірургічного лікування паралічу діафрагми у дітей. Патент на корисну модель №77820. *Бюл. № 4 від 25.02.2013].*
11. Kryvchenia DIu, Ksonz IV, Benzar IM, Prytula VP, Pokhylko VI. (2013). Sposib khirurhichnoho likuvannia paralichu diafrahmy u novonarodzenykh ditei. Patent na korysnu model № 78718. *Biul. No.6 vid 25.03.2013.* [Кривченя ДЮ, Ксьонз ІВ, Бензар ІМ, Притула ВП, Похилько ВІ. (2013). Спосіб хірургічного лікування паралічу діафрагми у новонароджених дітей. Патент на корисну модель № 78718. *Бюл. №6 від 25.03.2013].*
12. Kryvchenia DIu, Ksonz IV, Pokhylko VI, Benzar IN. (2014). Poshkodzhennia diafrahmalnoho nervu u novonarodzenykh z polohovoiu travmoiu. Reinnervatsiia ta plikatsiia diafrahmy pry yii eventratsii. *Materialy naukovopraktychnoi konferentsii likariv-pediatriciv z mizhnarodnoiu uchastiu. 21.03.2014. m. Kharkiv.* [Кривченя ДЮ, Ксьонз ІВ, Похилько ВІ, Бензар ІН. (2014). Пошкодження діафрагмального нерву у новонароджених з пологовою травмою. Реіннервація та плікація діафрагми при її евертрації. *Матеріали науково-практич-*

Clinical case

- ної конференції лікарів-педіатрів з міжнародною участю. 21.03.2014. м. Харків].
13. Leniv OM, Pereyaslov AA, Kovalskyi RY, Hyzha LY, Nykforuk OM, Dats RI. (2023). First experience of implantation of diaphragm pacemakers in infant with bilateral diaphragmatic paralysis. *Paediatric Surgery (Ukraine)*. 1(78): 127-130. [Лєнів ОМ, Переяслов АА, Ковальський РЯ, Гижа ЛЮ, Никифоруку ОМ, Дац РІ. (2023). Перший досвід імплантації стимулятора діафрагмального нерва в немовляти з білатеральним парезом діафрагми. *Paediatric surgery. Ukraine*. 1(78): 127-130]. doi: 10.15574/PS.2023.78.127.
 14. Levyte EM, Uklonskyi AN, Kulakov VF. (2009). Rol myortvoho prostranstva v formirovanny y dyahnostyke dykhatelnoi nedostatochnosti. *Obshchaia reanimatolohiya*. 5(2): 76-78. [Левитє ЕМ, Уклонський АН, Кулаков ВФ. (2009). Роль мёртвого пространства в формировании и диагностике дыхательной недостаточности. *Общая реаниматология*. 5(2): 76-78].
 15. Opanasenko MS, Konik BM, Shamrai MIu, Tereshkovych OV, Levanda LI, Bychkovskyi VB ta insh. (2019). *Khirurgichne likuvannya relaksatsii diafrahmy. Khirurgiia Ukrainy*. 3: 7-12. [Опанасенко МС, Конік БМ, Шамрай МІУ, Терешкович ОВ, Леванда ЛІ, Бичковський ВВ та інш. (2019). Хірургічне лікування релаксації діафрагми. *Хірургія України*. 3: 7-12].
 16. Palevsky NY. (1997). *Lehochnoe krovoobrashchenye*. V kn. M.A. Hryppy. *Patofyziolohiya lehkykh*. Moskva: Yzdatelstvo BYNOM, Sankt Peterburh: Nevskiy Dyalekt: 318. [Палевски ГИ. (1997). Легочное кровообращение. В кн. М.А. Гриппи. *Патофизиология легких*. Москва: Издательство БИНОМ, Санкт Петербург: Невский Диалект: 318].
 17. Stramrood CA, Blok CA, van der Zee DC, Gerards LJ. (2009). Neonatal phrenic nerve injury due to traumatic delivery. *Journal of perinatal medicine*. 37(3): 293-296.
 18. Tönz M, von Segesser LK, Mihaljevic T, Arbenz U, Stauffer UG, Turina MI. (1996). Clinical implications of phrenic nerve injury after pediatric cardiac surgery. *Journal of pediatric surgery*. 31(9): 1265-1267.
 19. Van Smith C, Jacobs JP, Burke RP. (1998). Minimally invasive diaphragm plication in an infant. *Ann Thorac Surg*. 65 (3): 842-844.

Відомості про авторів:

Кривченя Данило Юліанович – д.мед.н., проф., проф. каф. дитячої хірургії НМУ ім. О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, вул. В. Чорновола, 28/1; тел.: +38 (044) 239-83-16. <https://orcid.org/0000-0001-6008-9658>.

Ксьонз Ігор Володимирович – д.мед.н., проф. каф. дитячої хірургії ПДМУ. Адреса: м. Полтава, вул. Шевченка, 23. <https://orcid.org/0000-0002-7703-1759>.

Руденко Євген Олегович – д.мед.н., проф., проф. каф. дитячої хірургії НМУ ім. О.О. Богомольця. Адреса: м. Київ, вул. В. Чорновола, 28/1; тел.: +38 (044) 239-83-16. <https://orcid.org/0000-0002-7532-1517>.

Похилько Валерій Іванович – д.мед.н., проф. каф. педіатрії №1 з неонатологією ПДМУ. Адреса: м. Полтава, вул. Шевченка, 23. <https://orcid.org/0000-0002-1848-0490>.

Мельниченко Марина Георгіївна – д.мед.н., проф., проф. каф. загальної, дитячої та військової хірургії з курсом урології та офтальмології ОНМедУ. Адреса: м. Одеса, Валіховський пров., 2. тел: +38 (048) 723-42-49, факс: +38 (048) 723-22-15. <https://orcid.org/0000-0001-9066-4801>.

Стаття надійшла до редакції 21.01.2025 р., прийнята до друку 18.03.2025 р.