

# Робот-асистуючі операції в дитячій хірургії: реалії та перспективи застосування

Р. П. Кліманський, О. Є. Чернишова, С. О. Жаріков, В. В. Махнік, Д. М. Синепупов, Р. Г. Гаращенко  
Донецький національний медичний університет, Кропивницький, Україна

**Ключові слова:** робот-асистуюча хірургія, мініінвазивна хірургія, лапароскопічна хірургія, дитяча хірургія, доказова медицина

## Вступ

Експерти вважають, що лапароскопічні процедури є безпечними та ефективними не лише у дорослих, але й у дитячій хірургії. Лапароскопічні втручання приводять до скорочення термінів перебування в стаціонарі, мають кращий естетичний ефект та більш швидке відновлення [4]. У деяких випадках лапароскопічна хірургія повністю замінила відкриту, ставши «золотим стандартом». Однак широке використання лапароскопічного методу ускладнене, зокрема при інтракорпоральному анастомозі або великій реконструкції. Лапароскопічні процедури в дитячій хірургії пов'язані здебільшого з технологічними обмеженнями [8]. Крім того, у немовлят і дітей раннього віку додатковою проблемою є вузьке операційне робоче місце та досить делікатна мобілізація тканин під час мінімально інвазивної хірургії. З появою та застосуванням роботизованих хірургічних платформ було зроблено значний крок в еволюції хірургії. Роботи забезпечують кращу 3D-візуалізацію, більшу швидкість, кращу точність і масштабування руху, сприяючи точному інтракорпоральному зшиванню [9]. Завдяки цим перевагам, робот-асистуючі оперативні втручання все більш широко застосовуються в дитячому хірургічному стаціонарі під час інвазивних процедур. Покращені спритність, точність, 3D-візуалізація та ергономіка відносяться до роботизованих хірургічних функцій, які дозволяють хірургам подолати недоліки традиційної (2D) лапароскопічної хірургії, що приводить до кращих хірургічних результатів. Використання цього методу наразі охоплює педіатричну урологію, абдомінальну хірургію та гінекологію. Тому актуальним є дослідження безпеки та ефективності робот-асистуючих оперативних втручань у педіатричній популяції порівняно з іншими методами (відкриті та лапароскопічні втручання).

**Мета роботи** — провести аналіз доступних в літературі проспективних та ретроспективних досліджень, а також метааналізів щодо ефективності впровадження роботизованої мініінвазивної хірургії у педіатричних пацієнтів.

## Матеріал та методи

Матеріалом слугували наявні наукові джерела останніх років, присвячені методам мініінвазивної

хірургії з використанням робот-асистуючих операцій в різних галузях дитячої хірургії, їхнім перевагам та недолікам, а також майбутнім перспективам. Використовували методи оглядового, системного та контент-аналізу.

Стратегією пошуку були пов'язані статті стосовно робот-асистуючих операцій в дитячій хірургії в базах даних PubMed та Google Scholar з 1993 по 2023 рр. Ключові слова включали: «робот-асистуючі операції», «роботизована хірургія», «дитяча хірургія», «мінімально інвазивна хірургія».

## Результати дослідження

*Історія, складнощі та переваги робот-асистуючих оперативних втручань в дитячій хірургії*

Перша роботизована хірургічна система da Vinci (Intuitive Surgical, Санта-Роза, Каліфорнія, США), була схвалена FDA у 2000 р. Вона була єдиною платформою роботизованої хірургії впродовж дуже тривалого часу та залишається основною робототехнічною системою, що використовується в усьому світі. Незважаючи на попередні дослідження, які показали, що звичайний лапароскопічний доступ привів до покращення косметичних результатів та більшої ефективності, порівняно з відкритим доступом [27], робот-асистуючі операції стали революційною концепцією мініінвазивної хірургії. Роботизована платформа забезпечує багато переваг, вирішує велику кількість проблем, які виникають під час стандартної лапароскопії [9]. По-перше, роботизований комплекс має стабільну 3D-візуалізацію з 10-кратним збільшенням, камерою керує хірург, а не асистент. По-друге, устаткування забезпечує 7 ступенів свободи з унікально розробленими ендозап'ястковими інструментами. Рухи роботизованих рук не інвертуються, що повністю відрізняється від традиційної лапароскопії. По-третє, здатність зменшувати тремтіння під час рухів і масштабування руху є найвідомішими та більш значущими перевагами. Нарешті, на відміну від лапароскопії, робототехніка пропонує хірургам кращу ергономіку для виконання процедур мініінвазивної хірургії. Таким чином, роботизована хірургія наразі є перспективною реальністю в хірургічній практиці та продовжує широко впроваджуватися в клініці.

Основними причинами менш поширеного використання цієї нової технології у дітей є, по-перше, труднощі з розробкою хірургічних роботів і пов'язаних інструментів відповідного розміру для маленьких дітей і новонароджених; по-друге, підвищені витрати внаслідок меншої кількості пацієнтів, яким показано проведення роботизованих процедур; по-третє, обмеження існує у зв'язку з меншим робочим простором педіатричних пацієнтів, і наразі для них немає інструментів відповідного розміру [20]. Під час перших спроб проводився ретельний клінічний відбір підлітків для виконання звичайних роботизованих операцій. Зокрема, R. Autorino et al. у 2001 р. навели результати лікування 10-річної дівчинки, якій зробили роботизовану фундоплекцію за Ніссеном [2]. На відміну від екстирпації у дорослих пацієнтів, діти зазвичай потребують реконструктивних процедур у більшості випадків, що створює додаткову проблему, особливо у немовлят.

Незважаючи на всі складнощі, дитячі хірурги запропонували використовувати різні прийоми, щоб подолати ці обмеження у педіатричних пацієнтів [4]. До таких прийомів відносяться розміщення портів у лінійному положенні з меншою триангуляцією, інвагінація допоміжного троакара діаметром 5 мм для формування шва, виконання аспірації. Наступним вважається витягування передніх рук і розміщення педіатричних пацієнтів за допомогою спеціальних подушок і захисту м'якою прокладкою для запобігання зіткненню з руками. Таким чином, роботизована платформа у дітей поступово стає невід'ємною частиною мініінвазивної хірургії у тих випадках, які раніше вважалися складними для лапароскопії, особливо у маленьких дітей або немовлят [20]. Останніми роками педіатрична роботизована хірургія отримала більш широке впровадження та поширеність.

*Загальні дані щодо застосування робот-асистуючих оперативних втручань в дитячій хірургії*

В літературі дедалі більше публікуються повідомлення про успішне застосування робот-асистуючих оперативних втручань в абдомінальній хірургії серед педіатричних пацієнтів. D. D. Meiningner et al. повідомляють про успішне впровадження лапароскопічного лікування з метою фундоплекції за Ніссеном у дівчинки за допомогою робототехніки, яке було проведене в липні 2000 р., з наступною публікацією у квітні 2001 р. Це був перший подібний випадок, зареєстрований у дитини [16]. Відтоді фундоплекція стала однією з найпоширеніших роботизованих абдомінальних операцій у педіатрії. Незважаючи на відсутність очевидних переваг робот-асистуючих втручань порівняно з традиційною лапароскопією, дане втручання вважається доволі ефективним та рекомендовано як операція вибору для дитячих хірургів, які виконують роботизовану хірургію вперше.

Також ми знайшли обнадійливі дані деяких клінік щодо лапароскопічної холецистектомії з робототехнікою. Натомість, інші автори вважають, що діти не можуть отримати більше користі від цієї рутинної операції із застосуванням роботизованих технологій порівняно зі звичайною лапароскопією [14]. Деякі дослідники зазначають, що це пов'язано з довшим

часом роботи та високими витратами [14]. Інші вказують, що роботизована холецистектомія є доволі ефективною в практиці дитячої хірургії та забезпечує потенційну косметичну користь завдяки новітній роботизованій платформі [11].

Про видалення кісти холедоха у педіатричних пацієнтів повідомлялося на основі результатів дослідження в кількох невеликих когортах, де пацієнтам проводили дане оперативне втручання за допомогою робототехніки. Через свою складність під час тотального видалення кісти за допомогою реконструкції Roux-en-Y відкриті процедури все ще відносно поширені в багатьох центрах. Систематичний огляд роботизованої холедохоцистектомії у дітей був проведений X. Q. Wang et al. [26]. Метааналіз включав вісім досліджень, середній вік хворих становив 6,3 (0,3–15,9) року. Сімдесят дев'ять із 86 випадків (91,9%) були успішними, а сім пацієнтів (8,1%) потребували переходу до відкритого втручання. Десять пацієнтів (11,6%) мали ускладнення, включаючи витік жовчі, ускладнення з боку операційної рани та стеноз анастомозу. Цими ж дослідниками наведено співвідношення методів при формуванні кишкового анастомозу: 54,6% пацієнтів потребували накладання кишкового анастомозу, в решти пацієнтів оперативне втручання було успішним при повній роботизації операції. Обидва методи були рівноцінно ефективними, вибір залежав, головним чином, від рішення хірургічної бригади [26].

В роботі, опублікованій H. Koga et al., вказується, що загальний час анастомозу гепатикоєюностомії був значно коротшим, а шви легшими та точнішими при застосуванні роботизованого обладнання порівняно зі звичайною лапароскопічною хірургією [12]. Крім того, прицільний 3D-огляд операційного поля забезпечує хірургам чіткість анатомії печінкової протоки та значно легше видалення кісти та реконструкцію жовчного дерева.

L. Rong et al. в своєму ретроспективному дослідженні оцінили результати застосування робот-асистуючих операцій у немовлят ( $\leq 1$  року) і контрольної групи ( $> 1$  року) та дійшли висновку, що вік не є перешкодою успішного виконання роботизованих втручань [23]. Ці дані вказують на те, що роботизована гепатикоєюностомія є практичною та безпечною для дітей і може розглядатися як новий підхід.

Відносно мало повідомлень про застосування робот-асистуючих операцій при лікуванні хвороби Гіршпрунга у дітей. Останнє дослідження було опубліковано в 2022 р., в якому T. A. Quynh et al. проаналізували 55 педіатричних пацієнтів, які пройшли автоматизовану процедуру Soave. Вони припустили, що коротший операційний час може бути пов'язаний з досвідом і навичками хірургічної команди з технологічними операціями [21]. Завдяки перевагам, які надають роботи, вони можуть бути корисними у вузькому просторі, особливо в порожнині малого тазу немовлят.

У деяких наукових звітах задокументовано випадки успішних роботизованих маніпуляцій аноректальних вад розвитку з ректоміхуровою або ректоуретральною фістулою [5]. У великій когорті з 17 немовлят із аноректальними мальформаціями було

досягнуто сприятливих результатів щодо нормалізації функцій сечовипускання та дефекації після виконання робот-асистуючого аноректального анастомозу, що супроводжувалося лише мінімальним пошкодженням періанальних нервів і зовнішніх сфінктерів завдяки роботизованій системі. Перші п'ять роботизованих портоентеростомій Kasai були успішно виконані без періопераційних ускладнень, проте середній час оперативного втручання був значно довшим, ніж при відкритому втручанні. Виконання операції Kasai роботизованим методом все ще є предметом дебатів, а довгострокова ефективність потребує подальшої перевірки [5].

Повідомлення стосовно гепатектомії та спленектомії з використанням робототехніки також є відносно поширеними в літературі. M. Rela et al. представили перший в історії звіт про роботизовану моно-сегментну донорську гепатектомію для трансплантації печінки 14-місячній дівчинці з позапечінковою атрезією жовчних шляхів, підкресливши той факт, що оперативне втручання було виконане з максимальною точністю [22].

Крім того, роботизована хірургія в педіатрії все частіше практикується для лікування аномалій та пошкоджень підшлункової залози, наприклад роботизована дистальна панкреатектомія зі збереженням селезінки або роботизована енуклеація підшлункової залози для лікування інсуліноми, роботизована латеральна панкреатикоєюностомія для видалення каменів з протоків підшлункової залози, роботизована панкреатодуоденектомія або часткова панкреатектомія при пухлинах підшлункової залози. Наступним завданням огляду було розглянути результати застосування найбільш поширених в дитячій хірургії роботизованих оперативних втручань.

**Фундоплікація шлунку.** Фундоплікація є найпоширенішою роботизованою процедурою в дитячій загальній хірургії. У 2014 р. T. P. Cundy et al. опублікували метааналіз, у якому порівнювали результати роботизованої та звичайної лапароскопічної фундоплікації у дітей. Було виявлено, що лапароскопічні процедури мають більшу тенденцію до переходу на відкриту хірургію, ніж роботизована хірургія (6,1% проти 3%), тоді як частота післяопераційних ускладнень була еквівалентною між двома когортами; однак основним обмеженням був короткий період проспективного спостереження [6]. Попередній систематичний огляд, у якому порівнювали 89 роботизованих фундоплікацій з 85 лапароскопічними процедурами, показав статистично значуще зниження післяопераційних ускладнень при застосуванні роботизованої техніки, хоча й із більшою тривалістю операції. Автори припустили, що зменшення ускладнень може бути результатом більшої точності в піддіафрагмальному просторі. Також було припущено, що роботизована хірургія може бути корисною у складних випадках, таких як пацієнти з ожирінням, великі дефекти стравохідного отвору та у випадках повторної фундоплікації, які визнані технологічно складними при традиційному лапароскопічному підході [18].

**Видалення кісти холедоха.** Мінімально інвазивна гепатобілярна хірургія у дітей, така як резекція

кісти холедоха за допомогою гепатикоєюностомії за Ру-ан-I, є надзвичайно складною та вимагає високого рівня точності. З цієї причини більшість хірургів схильється до відкритих оперативних втручань при виконанні цієї процедури. За застосування лапароскопічного методу, на думку авторів, анастомоз часто виконується екстракорпоральним способом шляхом розширення пупкового розрізу, що негативно впливає на перебіг реабілітаційного періоду та нівелює переваги мініінвазивної хірургії [6]. Ергономічні переваги та стабільність, які пропонує роботизована платформа, можуть полегшити інтракорпоральний анастомоз у спосіб, який неможливий за допомогою лапароскопічної хірургії, і, таким чином, обмежити потребу в екстеріоризації кишечника [22]. Це думка, яку висловлюють дитячі хірурги з досвідом як лапароскопічних, так і роботизованих підходів. N. Y. Kim et al. ретроспективно порівняли відкриті та роботизовані методи, дійшовши висновку, що в досліджуваних групах не було різниці в частоті післяопераційних ускладнень. Коротша тривалість перебування була відмічена в роботизованій когорті, хоча зі статистично значущим збільшенням оперативного часу [10]. Важливо також зазначити, що педіатричні пацієнти з групи роботизованої хірургії були значно більшими за масою тіла та старші за віком. Можливо, це сприяло більш широкому робочому простору, що є більш сприятливим для мініінвазивної хірургії. Однак M. J. Dawrant et al. продемонстрували, що роботизований підхід можливий для маленьких дітей у серії пацієнтів до 10 кг [7]. В даній роботі було продемонстровано частоту післяопераційних ускладнень на рівні 11,6% і частоту конверсії на відкриті втручання на рівні 8,1%. Хоча в цьому дослідженні не було контрольної групи, результати були подібними до тих, про які повідомлялося при відкритому та лапароскопічному методах [7].

**Спленектомія.** Показаннями для цієї процедури є низка гематологічних або інфекційних захворювань, травми та анатомічні аномалії. У разі можливості забезпечити задовільний доступ, лапароскопічному втручанням віддається перевага над відкритою операцією, хоча в літературі є дані про успішне застосування робот-асистуючих операцій для цієї процедури. У 2022 р. було проведено пряме порівняння між 10 випадками спленектомії після робот-асистуючих операцій та 14 випадками лапароскопічних втручань у дітей з гематологічними розладами [24]. Середній вік дітей становив 9,9 року, втручання були виконані в період між 2014 та 2019 рр. Результати дослідження показали, що тривалість оперативних втручань при обох підходах вірогідно не розрізнялась (робот-асистуючі — 140,5 хв, лапароскопічні — 154,9 хв). Крім того, не було вірогідної різниці щодо потреби в інтраопераційних гемотрансфузіях, об'ємів гемотрансфузій, післяопераційних ускладнень, а також перебігу віддаленого післяопераційного періоду. Інтраопераційний перехід на відкритий доступ зафіксовано для одного випадку робот-асистуючих операцій внаслідок інтраопераційної кровотечі. Однак медіана перебування в лікарні була коротшою для робот-асистуючих втручань, ніж для лапароскопічних (2,1 дня

проти 3,2 дня,  $p\text{-value} = 0,02$ ). Щодо витрат на лікування, загальна медіана була значно вищою для робот-асистуючого втручання порівняно з лапароскопічним (\$44 724 проти \$30 255,  $p=0,01$ ). У своєму обговоренні автори дійшли висновку, що робот-асистуючі втручання в педіатрії є безпечним методом, зі співставним з лапароскопією часом операції та післяопераційною захворюваністю, зменшеною тривалістю перебування в стаціонарі, але вищою вартістю [24].

Ще одне дослідження включало 32 спленектомії за допомогою робототехніки в порівнянні з 23 лапароскопіями у віковому діапазоні дітей від 2 до 18 років. За період 11 років (2003–2014), з одного боку, автори підкреслюють, відповідно до попереднього дослідження, менший середній час втручання для робот-асистуючих операцій проти лапароскопічних (159,6 проти 182,4 хв), але, з іншого боку, більш тривале перебування в стаціонарі для робот-асистуючих втручання, ніж для лапароскопічних (3,93 проти 2,9 дня). В одному випадку робот-асистуючих операцій була потреба переходу на відкритий доступ, але жодного випадку такої потреби не було в групі лапароскопічних втручання. Дослідження післяопераційних ускладнень виявили два хірургічні ускладнення (зокрема повторна операція з приводу гемоперитонеуму) для лапароскопічних втручання та шість медичних ускладнень (зокрема ателектаз, пневмонія, серповидно-клітинний криз і гіпертермія) для робот-асистуючих. Автори цього дослідження також підкреслили важливі проблеми, такі як адаптованість роботизованих інструментів до менших тіл і анатомічних структур педіатричних пацієнтів, загальні високі витрати, а також час, необхідний для встановлення робототехніки [25].

**Пахова грижа.** Хоча вроджені пахові грижі, мабуть, є найчастішим показанням для педіатричної хірургії, герніотомія не є безпосереднім показанням для робот-асистуючих та лапароскопічних втручання через чудові результати та низьку вартість відкритих доступів. Лише кілька звітів присвячені робот-асистуючим операціям для пахових гриж. В роботі A. L. G. Morrell et al. невелика серія випадків включала 11 роботизованих операцій при паховій грижі. Усі діти були чоловічої статі, мали середній вік 17 років і середню масу тіла 76,6 кг [17]. Середній час роботи становив 111 хв з незначною крововтратою (за оцінками <5 мл). В жодному випадку робот-асистуючих втручання не спостерігалось інтраопераційних ускладнень, як і не було потреби щодо переходу на відкритий доступ. У цьому ж дослідженні діти були виписані в день процедури. Впродовж шести місяців і чотирьох років спостереження не було жодних післяопераційних ускладнень, таких як інфекція або рецидив грижі. Результати дослідження показали, що робот-асистуючі операції є безпечним і надійним методом лікування пахової грижі у підлітків [3].

**Хвороба Гіршпрунга.** Захворювання Гіршпрунга — це вроджене захворювання, яке вражає дистальний відділ товстої кишки та призводить до функціональної обструкції. Діти, у яких діагностоване дане захворювання, мають відносно малий вік на момент встановлення діагнозу, тому дослідження

ефективності робот-асистуючих втручання для лікування цієї вади розвитку є необхідними. У ретроспективному дослідженні P. Munnangi et al. одинадцять педіатричних пацієнтів із середнім віком 29 місяців пройшли лікування за допомогою робот-асистуючих втручання при хворобі Гіршпрунга [19]. Середній час операції, згідно з даними авторів, становив 420 хв за відсутності інтраопераційних ускладнень. Автори стверджують, що використання робот-асистуючих операцій для лікування хвороби Гіршпрунга є доречним навіть у тих педіатричних пацієнтів, які потребують повторного втручання. Автори визнали робот-асистуючі операції як дійсну альтернативу іншим підходам. В роботі розглянуто 55 пацієнтів дитячого віку середнім віком 24,5 міс. В дослідженні не було жодного випадку конверсії до відкритого доступу або інтраопераційних ускладнень. Перебування в стаціонарі становило в середньому 5,5 дня, а спостереження впродовж 43,2 міс (середній термін) після операції показало гарні результати процедури. Автори виявили, що робот-асистуючі операції є безпечною та ефективною технікою для лікування хвороби Гіршпрунга. Однак вони зазначили, що кваліфікація команди та модифікація інструментів є важливими факторами для зниження вартості роботизованих втручання. Автори погоджуються з авторами інших досліджень у тому, що дослідження віддалених результатів терміново необхідні для підтвердження будь-якої переваги робот-асистуючих операцій над лапароскопічними [19].

**Хірургічна онкологія.** Тоді як роботизована техніка широко використовується в онкологічній хірургії дорослих, відкриті методи наразі залишаються стандартом лікування пухлин черевної порожнини у дітей. Незважаючи на це, опубліковано ряд досліджень, здебільшого у формі окремих випадків або невеликих серій випадків. Повідомлялося про один випадок успішної роботизованої резекції нейробластоми IV стадії, причому автори зазначили, що якісна візуалізація і точність роботизованої платформи дозволили скелетувати судинну систему пухлини, що неможливо здійснити лапароскопічно. В іншому випадку описано лікування 4-сантиметрової ювенільної кістозної аденоми за допомогою роботизованого підходу у 15-річної дівчини, з наступним чотиришаровим закриттям матки та добрим післяопераційним відновленням [15]. M. Anderberg et al. також повідомили про роботизовану радикальну цистопростатектомію для лікування рабдоміосаркоми у 22-місячної дитини з масою тіла 8 кг, при цьому візуалізація виявилася ефективною у межах педіатричного кісткового таза [1]. Також описано успішну роботизовану часткову адреналектомію при феохромоцитомі у дитини.

Дискусійною темою є переваги роботизованого підходу до розширеної лімфатичної диссекції в результаті покращеної тривимірної візуалізації. Нещодавня серія випадків із 12 роботизованих резекцій педіатричних пухлин черевної порожнини показала, що принципи онкологічної хірургії зберігаються при застосуванні роботизованого підходу, з досягненням усіх результатів резекції R0, низькою післяопераційною захворюваністю та хорошими віддаленими результатами. Автори

дійшли висновку, що роботизована хірургія має потенційні переваги при застосуванні у онкологічних педіатричних пацієнтів, але її місце та показання все ще потребують подальшого дослідження.

*Обмеження та майбутні напрямки роботизованої хірургії в педіатрії*

Основними недоліками даного методу залишаються висока вартість і технічні обмеження. Фінансові витрати включають як постійні (відносно висока ціна устаткування та подальша вартість обслуговування), так і змінні витрати на одноразове устаткування. У порівнянні з великою кількістю роботизованих операцій для дорослих, кількість педіатричних операцій все ще дуже низька, що визначає високу вартість окремого випадку. Разом з тим, автори припускають, що роботизована хірургія може привести до скорочення прямих витрат на 11,9%, переважно через більш коротку госпіталізацію [13]. Збільшення обсягу операцій і потенційний конкурентний ринок могли б ідеально зменшити загальні витрати на роботизовану хірургію. Окрім вартості, існують інші проблеми із застосуванням даної техніки в педіатричній популяції, такі як розмір роботизованих інструментів (5 або 8 мм), технічні обмеження, тривалість навчання. Впродовж останніх двох десятиліть роботизовані платформи кілька разів постійно вдосконалювалися та модернізувалися (da Vinci Si, Xi та SP). Декілька інших відомих роботизованих платформ знаходяться на різних стадіях розробки, і навіть деякі з них уже комерційно доступні, наприклад Senhance Surgical Robotic System, Flex Robotic System, SurgiBot. Хірургічна роботизована система Senhance пропонує інструменти розміром 3 мм, які особливо підходять для

дітей молодшого віку та новонароджених. Дослідження нових роботизованих платформ має бути зосереджено на можливостях їх застосування у педіатричній роботизованій хірургії [4].

### Обговорення

Мініінвазивна хірургія в педіатрії є відносно новою галуззю, що розвивається впродовж двох останніх десятиліть і вимагає розробки нових методів та інструментів. На думку А. Boscarelli et al., увага хірургів та медичних техніків повинна зосередитись на розробці роботизованих інструментів (3 мм або менше), здатних працювати в невеликих порожнинах тіла, що вимагають меншої відстані між портами або доступу до одного порту [4]. Крім того, використання роботизованих технік у деяких спеціальностях, наприклад при гепатобіліарних захворюваннях, все ще обмежене відсутністю великих порівняльних досліджень, які підтверджують переваги мінімально інвазивної хірургії у цих пацієнтів. Цікаво, що останні роботи, включаючи систематичні огляди, метааналізи, порівняльні дослідження та проспективні серії випадків, показали безпеку та доцільність лапароскопічної хірургії для видалення кісти холедоха та холецистектомії; однак її не можна рекомендувати дітям з атрезією жовчних шляхів і дитячими гепатобіліарними пухлинами [13].

### Висновки

Загалом, наявна в літературі доказова база стосовно підтвердження доцільності використання мініінвазивної хірургії, виділення показань до роботизованих втручань у педіатричних пацієнтів залишається доволі обмеженою. Проте роботизована мініінвазивна хірургія є багатообіцяючою технологією і в майбутньому має безумовні перспективи.

### Література:

1. Anderberg M., Backman T., Annerstedt M. Robot-assisted radical cystoprostatectomy in a small child with rhabdomyosarcoma: a case report. *J. Robot. Surg.* 2008. Vol. 2, No 2. P. 101–103.
2. Autorino R., Eden C., El-Ghoneimi A., Guazzoni G., Buffi N., Peters C. A., Stein R. J., Gettman M. Robot-assisted and laparoscopic repair of ureteropelvic junction obstruction: a systematic review and meta-analysis. *Eur. Urol.* 2014. Vol. 65, No 2. P. 430–452.
3. Baur J., Ramser M., Keller N., Muysoms F., Dörfer J., Wiegner A., Eisner L., Dietz U. A. Robotic hernia repair II. English version: Robotic primary ventral and incisional hernia repair (rv-TAPP and r-Rives or r-TARUP). Video report and results of a series of 118 patients. *Chirurg.* 2021. Vol. 92, Suppl. 1. P. 15–26.
4. Boscarelli A., Gigliione E., Caputo M. R., Guida E., Iaquinto M., Scarpa M. G., Olenik D., Codrich D., Schlee J. Robotic-assisted surgery in pediatrics: what is evidence-based? A literature review. *Transl. Pediatr.* 2023. Vol. 12, No 2. P. 271–279.
5. Chang X., Cao G., Pu J., Li S., Zhang X., Tang S. T. Robot-assisted anorectal pull-through for anorectal malformations with rectourethral and rectovesical Fistula: feasibility and short-term outcome. *Surg. Endosc.* 2022. Vol. 36, No 3. P. 1910–1915.
6. Cundy T. P., Harling L., Marcus H. J., Athanasiou T., Darzi A. W. Meta analysis of robot-assisted versus conventional laparoscopic fundoplication in children. *J. Pediatr. Surg.* 2014. Vol. 49, No 4. P. 646–652.
7. Dawrant M. J., Najmaldin A. S., Alizai N. K. Robot-assisted resection of choledochal cysts and hepaticojejunostomy in children less than 10 kg. *J. Pediatr. Surg.* 2010. Vol. 45, No 12. P. 2364–2368.
8. Denning N. L., Kallis M. P., Prince J. M. Pediatric robotic surgery. *Surg. Clin. North Am.* 2020. Vol. 100, No 2. P. 431–443.
9. Fuchs M. E., DaJusta D. G. Robotics in pediatric urology. *Int. Braz. J. Urol.* 2020. Vol. 46, No 3. P. 322–327.
10. Kim N. Y., Chang E. Y., Hong Y. J., Park S., Kim H. Y., Bai S. J., Han S. J. Retrospective assessment of the validity of robotic surgery in comparison to open surgery for pediatric choledochal cyst. *Yonsei. Med. J.* 2015. Vol. 56, No 3. P. 737–743.
11. Klazura G., Graf A., Sims T., Rojnica M., Koo N., Lobe T. E. Assessment of the Da Vinci single port robotic platform on cholecystectomy in adolescents. *J. Laparoend. & Adv. Surg. Tech. Part. A.* 2022. Vol. 32, No 4. P. 438–441.
12. Koga H., Murakami H., Ochi T., Miyano G., Lane G. J. Comparison of robotic versus laparoscopic hepaticojejunostomy for choledochal cyst in children: a first report. *Pediatr. Surg. Int.* 2019. Vol. 35, No 12. P. 1421–1425.
13. Krebs T. F., Schnorr I., Heye P., Häcker F. M. Robotically assisted surgery in children – a perspective. *Children (Basel).* 2022. Vol. 9, No 6. P. 839.

14. Kulaylat A. N., Richards H., Yada K., Coyle D., Shelby R., Onwuka A. J., Aldrink J. H., Diefenbach K. A., Michalsky M. P. Comparative analysis of robotic-assisted versus laparoscopic cholecystectomy in pediatric patients. *J. Pediatr. Surg.* 2021. Vol. 56, No 10. P. 1876–1880.
15. Lalli R., Merritt N., Schlachta C. M., Butter A. Robotic-assisted, spleen-preserving distal pancreatectomy for a solid pseudopapillary tumour in a pediatric patient: a case report and review of the literature. *J. Robot. Surg.* 2019. Vol. 13, No 2. P. 325–329.
16. Meininger D. D., Byhahn C., Heller K., Gutt C. N., Westphal K. Totally endoscopic Nissen fundoplication with a robotic system in a child. *Surg. Endosc.* 2001. Vol. 15, No 11. P. 1360.
17. Morrell A. L. G., Morrell Junior A. C., Mendes J. M. F., Morrell A. G., Morrell A. Robotic TAPP inguinal hernia repair: lessons learned from 97 cases. *Rev. Col. Bras. Cir.* 2021. Vol. 29, No 48. P. e20202704.
18. Moursi A. G. A., Grimminger P., Rohleder S., Muensterer O. Robot-assisted repeated fundoplication in children and adolescents. *Zentralbl. Chir.* 2020. Vol. 145, No 6. P. 509–512.
19. Munnangi P., Sayed Mushir Ali A., Deva S., Kushwaha V., Srivastava S., Boini A., Agarwal R. S., Dinkar P. K., Chaudhary E., Kushwaha V. Post-surgical outcomes of different surgical techniques in hirschsprung's disease: a literature review. *Cureus.* 2023. Vol. 15, No 10. P. e47012.
20. Murthy P. B., Schadler E. D., Orvieto M., Zagaja G., Shalhav A. L., Gundeti M. S. Setting up a pediatric robotic urology program: a USA institution experience. *Int. J. Urol.* 2018. Vol. 25, No 2. P. 86–93.
21. Quynh T. A., Hien P. D., Du L. Q., Long L. H., Tran N. T. N. The follow-up of the robotic-assisted soave procedure for Hirschsprung's disease in children. *J. Robot. Surg.* 2022. Vol. 16, No 2. P. 301–305.
22. Rela M., Rajalingam R., Shetty G., Cherukuru R., Ram-mohan A. Robotic monosegment donor hepatectomy for pediatric liver transplantation: first report. *Pediatr. Transplant.* 2022. Vol. 26, No 1. P. e14110.
23. Rong L., Li Y., Tang J., Cao G., Wan L., Li X., Zhang X., Chi S., Tang S. Robotic-assisted choledochal cyst excision with Roux-en-Y hepaticojejunostomy in children: does age matter? *Surg. Endosc.* 2023. Vol. 37, No 1. P. 274–281.
24. Shimizu A., Ito M., Lefor A. K. Laparoscopic and robot-assisted hepatic surgery: an historical review. *J. Clin. Med.* 2022. Vol. 11, No 12. P. 3254.
25. Van Ramshorst T. M. E., Bodegraven E. A., Zampedri P., Kasai M., Besselink M. G., Abu Hilal M. Robot-assisted versus laparoscopic distal pancreatectomy: a systematic review and meta-analysis including patient subgroups. *Surg. Endosc.* 2023. Vol. 37, No 6. P. 4131–4143.
26. Wang X. Q., Xu S. J., Wang Z., Xiao Y. H., Xu J., Wang Z. D., Chen D. X. Robotic-assisted surgery for pediatric choledochal cyst: case report and literature review. *World J. Clin. Cases.* 2018. Vol. 6, No 7. P. 143–149.
27. Zhang Z., Zhang X., Liu Y., Li Y., Zhao Q., Fan L., Zhang Z., Wang D., Zhao X., Tan B. Meta-analysis of the efficacy of Da Vinci robotic or laparoscopic distal subtotal gastrectomy in patients with gastric cancer. *Medicine (Baltimore).* 2021. Vol. 100, No 34. P. e27012.

УДК 617-053.2:004.896

doi: 10.33149/VKP.2024.03.10

## UA Робот-асистуючі операції в дитячій хірургії: реалії та перспективи застосування

**Р. П. Кліманський, О. Є. Чернишова, С. О. Жаріков, В. В. Махнік, Д. М. Синепупов, Р. Г. Гаращенко**

Донецький національний медичний університет, Кропивницький, Україна

**Ключові слова:** робот-асистуюча хірургія, мініінвазивна хірургія, лапароскопічна хірургія, дитяча хірургія, доказова медицина

У статті наведено огляд робот-асистуючих операцій в дитячій хірургії — історії методу, основних робот-асистуючих платформ, наявної доказової бази, переваг та недоліків. Доведено, що наявні в літературі дані стосовно доцільності використання мініінвазивної хірургії залишаються доволі обмеженими. Основним напрямком, що потребує подальшого доопрацювання, є розробка роботизованих інструментів, здатних працювати в невеликих порожнинах тіла. Крім того, використання роботизованих технік при деяких напрямках все ще обмежене відсутністю великих порівняльних досліджень.

Проаналізовано літературні дані про успішне застосування робот-асистуючих оперативних втручань в абдомінальній хірургії серед педіатричних пацієнтів при роботизованій фундоплікації шлунка, мінімально інвазивній гепатобіліарній хірургії, спленектомії, герніотомії, хвороби Гіршпрунга, дитячій урології та онкології. Розглянуто основні недоліки та майбутні перспективи розвитку роботизованої хірургії в педіатричній практиці, а саме високі фінансові витрати на устаткування та подальше його обслуговування, висока ціна на змінне одноразове устаткування, технічні обмеження, тривалість навчання. В перспективі за рахунок збільшення обсягу операцій і потенційного конкурентного ринку роботизована хірургія може привести до скорочення прямих витрат переважно через скорочення терміну госпіталізації. Мініінвазивна хірургія в педіатричній практиці є відносно новою галуззю, що розвивається впродовж двох останніх десятиліть і вимагає розробки нових методів та інструментів, які потребують меншої відстані між портами або доступу до одного порту. Разом з тим, в роботах останніх років, включаючи систематичні огляди, метааналізи, порівняльні дослідження та проспективні серії випадків, було показано безпеку та доцільність лапароскопічної хірургії для багатьох вроджених та набутих хірургічних захворювань у дітей. Роботизована мініінвазивна хірургія є багатообіцяючою технологією, і в майбутньому має безумовні перспективи.

**EN Pediatric robot-assisted surgery: realities and prospects for use**

**R. P. Klimanskyi, O. Ye. Cernyshova, S. O. Zharikov, V. V. Makhnyk, D. N. Sinepupov, R. H. Harashchenko**  
Donetsk National Medical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

**Key words:** robot-assisted surgery, minimally invasive surgery, laparoscopic surgery, pediatric surgery, evidence-based medicine

The article provides an overview of pediatric robot-assisted surgery: the history of the technique, the main robot-assisted platforms, the available evidence base, advantages, and disadvantages. It has been proven that the data available in the literature regarding the expediency of using minimally invasive surgery remain quite limited. The main direction that requires further refinement is the development of robotic tools capable of working in small body cavities. In addition, the use of robotic techniques in some areas is still limited due to the lack of large comparative studies.

We analyzed literature data on the successful use of abdominal robot-assisted surgery among pediatric pa-

tients in robotic gastric fundoplication, minimally invasive hepatobiliary surgery, splenectomy, herniotomy, Hirschsprung's disease, pediatric urology, and oncology. The main shortcomings and future prospects of the development of robotic surgery in pediatric practice are considered, namely, high financial costs for the equipment and its further maintenance, high prices for replaceable disposable equipment, technical limitations, and the duration of training. In the future, due to an increase in the number of operations and a potential competitive market, robotic surgery can lead to a reduction in direct costs, mainly due to a reduction in the length of hospitalization. Minimally invasive surgery in pediatric practice is a relatively new field that has been developing over the past two decades and needs the development of new techniques and instruments that require less port distance or single port access.

However, recent studies, including systematic reviews, meta-analyses, comparative studies, and prospective case series, have demonstrated the safety and feasibility of laparoscopic surgery for many congenital and acquired surgical diseases in children. Robotic minimally invasive surgery is a promising technique that has unconditional future prospects.