

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ОХОРОНИ
ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ ІМЕНІ П. Л. ШУПИКА

Кваліфікаційна
наукова праця на
правах рукопису

Заремба Віталій Ростиславович

УДК 617.541-007.2-089.168-053.2

ДИСЕРТАЦІЯ

**«Хірургічне лікування лійкоподібної деформації грудної
клітки у дітей із математичним моделюванням коригуючої
пластини»**

22 «Охорона здоров'я», 222 – «Медицина»

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне

джерело Віталій
Заремба



Заремба В. Р.

Науковий керівник:

Данилов Олександр Андрійович
доктор медичних наук, професор

Київ – 2024

АНОТАЦІЯ

Заремба В.Р. – «Хірургічне лікування лійкоподібної деформації грудної клітки у дітей із математичним моделюванням коригуючої пластини». - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 «Медицина». - Національний університет охорони здоров'я України імені П. Л. Шупика, Київ, 2024.

Дисертаційна робота виконувалася у КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради.

Актуальність теми. Лійкоподібна деформація грудної клітки (ЛДГК) – найчастіша вада розвитку грудної клітки, що проявляється западиною грудини та ребер, супроводжується різного ступеня функціональними й органічними порушеннями в системах кровообігу та дихання, психологічними розладами. Дана вада реєструється із частотою 0,1–0,8 % у популяції. Консервативне лікування у вакуумному дзвоні (ВД) не стандартизоване щодо часу аплікації ВД, загальної тривалості лікування, рівня негативного тиску, показань для конверсії до хірургічної корекції.

Після операції Nuss часто реєструється залишкова деформація або вторинні деформації грудної клітки, часті післяопераційні ускладнення; є проблемою хронічний післяопераційний біль у грудній клітці.

Таким чином, відсутність чітких критеріїв до визначення доцільності консервативної терапії при ЛДГК та протоколів її проведення, високі ризики хірургічного лікування, відсутність систематизованих підходів до кастомізації операції Nuss при різних анатомічних типах ЛДГК, наявність вторинних та залишкових деформацій грудної клітки, відсутність обґрунтованих критеріїв до вибору кількості та розмірів коригувальних пластин, хронізація післяопераційного больового синдрому залишаються невирішеними питаннями та визначають актуальність обраної теми дослідження.

Мета дослідження. Покращити результати лікування дітей із ЛДГК шляхом визначення чітких показань до консервативного та хірургічного лікування,

оптимізації консервативного лікування; диференціації малоінвазивної корекції ЛДГК та індивідуального вибору фіксаторів.

Завдання дослідження :

1. Провести аналіз ефективності лікування ВД при ЛДГК; вивчити результати його застосування як засобу передопераційної підготовки; розробити метод прогнозування ефективності консервативного лікування та визначення оптимального терміну для конверсії до хірургічної корекції.

2. Вивчити прогин та коефіцієнт надійності коригувальної титанової пластини як суцільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями та сформулювати рекомендації до раціонального вибору їх розмірів та кількості.

3. Розробити систему методів профілактики ускладнень операції Nuss

4. На підставі доповненої класифікації ЛДГК за Park розробити варіанти операції Nuss для кожного із анатомічних типів деформації.

Об'єкт дослідження - діти із ЛДГК.

Предмет дослідження: малоінвазивне хірургічне лікування ЛДГК; математичне моделювання коефіцієнтів запасу міцності та прогину коригувальної пластини у різних вікових категоріях; показання до консервативного та хірургічного лікування.

Проведене одноцентрове ретроспективне когортне дослідження на основі аналізу результатів обстеження та лікування 261 пацієнта із ЛДГК, яким проводилося консервативна терапія та хірургічна корекція, серед них 163 пацієнти лікувалися консервативно, а 110 – хірургічно (12 із них – після неефективного консервативного лікування). Лікування проведене у КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради з 2018 по 2023 рр.

За пошуком у науковометричних базах за запитом *Nuss procedure, vacuum bell therapy, rectus excavatum* було знайдено 1432 джерела, було відібрано 5 метааналізів із 12, найбільш відповідні меті дослідження.

Із метою прогнозування незадовільного результату та вчасного припинення лікування ВД із переходом до хірургічної корекції проведене порівняння ефективності лікування у групах із позитивним та негативним результатом лікування у терміни 4 та 6 місяців. Консервативне лікування визнано ефективним при I ступені ЛДГК у 41 випадку (93,18%); при II ступені - у 77 випадках (74,76%); при III ступені - у 11 пацієнтів (68,75%).

Виявлено, що через 6 місяців від початку терапії слід проводити прогнозування ефективності консервативного лікування із визначенням подальшої тактики лікування: подальша вакуумна терапія показана при досягненні підйому грудної клітки у групі 5-8 рр.- на $16,03 \pm 1,7$ мм; 9-12 рр. – $17,03 \pm 1,5$ мм; 13-16 рр.- $13,29$ мм $\pm 1,3$ мм; понад 17 р- $8,7$ мм $\pm 1,2$ мм, а у протилежному випадку потрібна конверсія на хірургічну корекцію. Серед пацієнтів із неефективним консервативним лікуванням хірургічне лікування було показане у 31 випадку. У цих пацієнтів площа входу в деформацію та ступінь ЛДГК зменшилися у більшості пацієнтів, тому 12 (66,67%) хірургічне втручання виконане із використанням однієї коригувальної пластини. Оцінку больового синдрому за шкалою NPRS проводили через добу, на 4-5 добу; через 1 місяць та через 3 місяці після операції. Встановлено, що інтенсивність больового синдрому у пацієнтів із попередньою терапією вакуумуванням у порівнянні із пацієнтами без попередньої терапії ВД через добу після операції на 28,52% - 22,76% менша; на 4-5 добу- відповідно на 20,26%- 18,4% у залежності від ступеня ступенях ЛДГК.

MIRPE проведена 110 пацієнтам віком 6-17 років із ЛДГК II та III ступенів.

Розроблений спосіб поступової подовженої тракції грудини. Виявлено, що у пацієнтів 14–17 подовжена поступова тракція забезпечує підйом грудини на 48,65 мм (на 51,40% більше, ніж одномоментна). Фіксація кінців пластини проводилася перикостальними субперіостальними швами: при використанні сталюого дроту відзначено 82,14% перелом лігатури, у 46,43% - ротація пластини; 7,14% - втрата щільного прилягання пластини до ребер; серед пацієнтів, яким фіксація стабілізаторів виконана лавсановою тасьмою випадки ротації чи зміщення пластин були відсутні; встановлено, що субперіостальне накладання лігатур запобігає хронічному післяопераційному болю. Модифікація пластини за системою TERCOM

при похилому розташуванні пластини удосконалена ротацією кінців пластини для кращого прилягання до ребер. Використана титанова пластина вдосконаленої конструкції, що має один з'ємний стабілізатор (із можливістю фіксації його гвинтом) та чотири отвори у стабілізаторах. Ускладнень, пов'язаних із даною конструкцією пластини, не зафіксовано, на відміну від інших варіантів пластини.

Розроблена система диференціації хірургічної тактики при MIRPE, вивчена їх ефективність при кожному із анатомічних варіантів ЛДГК згідно із доповненої класифікації Park (тип ЛДГК та ДФРД). Повна корекція ЛДГК досягнута класичною операцією Nuss лише за умови відсутності ДФРД при деяких видах ЛДГК- 26 пацієнтів (23,64%). Серед решти 84 пацієнтів (76,36%) виділені дві групи: перша – пацієнти, котрим була виконана операція за базовою технікою Nuss (n=26; 27,27%); друга – пацієнти, яким виконана адаптована до кожного анатомічного варіанту ЛДГК MIRPE (n=58 ;72,73%). У першій групі кількість елементів неповної корекції було 25 (1,19 елементів неповної корекції на випадок), у другій – 8 (0,14 елементів неповної корекції на випадок).

Проведене вивчення математичної моделі роботи титанової коригувальної пластини як суцільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями, визначені КЗМ та прогин арки для перерізів пластини різних розмірів. Сила, що потрібна для виведення груднини у фізіологічне положення, визначена експериментально та названа силою корекції (СК), вона склала від 101,5 до 248,5 Н. Розрахований КЗМ для пластин різних розмірів – склав 17,52 до 36,49. Критерієм вибору пластини обраний максимальний розрахунковий прогин пластини 3 мм. Визначено, що для стабільної корекції ЛДГК у пацієнтів 9-11 рр. можна рекомендувати використання пластин 280·12·2,2 та 300·12·2,2 мм; 12–14 рр- 300·12·2,2 та 340·15·2,2 мм, допустимим є застосування пластини 320·12·2,2 мм. Для пацієнтів 15–17 років допустимим є використання пластин 340·15·2,2; 340·17·2,2 та 360·17·2,2 мм. Обрахований прогин пластин при перехресному ході пластин для пацієнтів віком 15-17 рр – склав для різних пластин від 3,06 мм до 2,19 мм.

Наукова новизна отриманих результатів. Установлені критерії та терміни конверсії до хірургічного лікування при неефективному консервативному лікуванні.

Вперше проведений математичний розрахунок КЗМ та величини прогину

пластини як суцільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями для різних розмірів пластин у різних вікових групах; сформована система вибору розмірів та кількості пластин для корекції.

Систематизовані заходи профілактики ускладнень операції Nuss, запропоновані власні способи підвищення безпеки пацієнта.

Запропоноване доповнення до класифікації ЛДГК за Park, відповідно до якого визначені оптимальні і варіанти операції Nuss (у тому числі авторські) кожному із анатомічних варіантів ЛДГК.

Практичне значення отриманих результатів. Робота пропонує індивідуалізацію хірургічного та консервативного лікування. Систематизація та розробка власних способів профілактики ускладнень операції Nuss дозволяє значно знизити їх рівень. Застосування різних варіантів MIRPE для кожного анатомічного варіанту ЛДГК покращує результати лікування.

Ключові слова : лійкоподібна деформація грудної клітки, коригувальна пластина, операція Nuss, MIRPE, діти, торакоскопія, вакуумний дзвін, консервативне лікування.

ABSTRACT

Zaremba V. R. – "Surgical Treatment of Pectus Excavatum in Children with Mathematical Modeling of the Correction Bar." - Qualification scientific work in manuscript form.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 22 "Health Care" in specialty 222 "Medicine". – Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv, 2024.

The dissertation was carried out at the KNP "Zhytomyr Regional Children's Clinical Hospital" of the Zhytomyr Regional Council.

Relevance. Pectus Excavatum (PE) is the most common developmental defect of the chest, manifested by a depression of the sternum and ribs, accompanied by varying degrees of functional and organic disturbances in the circulatory and respiratory systems, as well as severe psychological issues. This defect is recorded with a frequency of 0.1–0.8% in the population. Conservative treatment using vacuum bell therapy (VBT) does not have standardized approaches regarding the timing of vacuum bell application, overall duration of treatment, level of negative pressure, and indications for conversion to surgical correction.

After the Nuss procedure, there are often registered residual or secondary deformities of the chest, high frequency of postoperative complications; chronic postoperative chest pain remains a significant problem.

Thus, the lack of clear criteria for determining the appropriateness of conservative therapy for PE and evidence-based protocols for its implementation, high risks of surgical treatment, lack of systematized approaches to customizing the Nuss procedure for correcting various anatomical types of PE, the presence of secondary and residual chest deformities, and the lack of justified criteria for selecting the number and sizes of corrective bars, as well as the chronicity of postoperative pain syndrome, remain unresolved issues and underline the relevance of the chosen research topic.

Purpose. To improve treatment outcomes for children with PE by establishing clear indications for conservative and surgical treatment, optimizing conservative treatment, differentiation of minimally invasive correction of PE (MIRPE) and individual fixation device selection.

Research Objectives:

1. To analyze the effectiveness of VBT of PE; study outcomes of its application as a preoperative preparation; develop a prediction method for the conservative treatment effectiveness and determining the optimal timing for surgical correction conversion.
2. To study the deflection and reliability coefficient of the corrective titanium bar as a solid metal arch with rigidly fixed ends and to formulate approaches to the rational selection of their sizes and quantities.
3. To develop a system of methods for Nuss procedure complication prevention
4. Based on the supplemented PE classification by Park, develop Nuss procedure options for each anatomical deformity type.

The object of the Study - Children with PE.

Subject of the Study: Minimally invasive PE surgical treatment; mathematical modeling of safety factors and deflection levels of the corrective bar in different age categories; indications for conservative and surgical treatment.

A single-center retrospective cohort study was conducted based on the examination and treatment results analysis of 261 patients with PE who underwent conservative therapy and surgical correction, among them 163 patients were treated conservatively, and 110 surgically (12 of those after ineffective conservative treatment). The treatment was conducted at the KNP "Zhytomyr Regional Children's Clinical Hospital" of the Zhytomyr Regional Council from 2018 to 2023.

A search in scientometric databases for the query "Nuss procedure," "vacuum bell therapy," and "pectus excavatum" revealed 1432 sources, of which 5 meta-analyses from 12, which were most relevant to the research aim were selected.

To predict unsatisfactory outcomes and ensure timely cessation of VBT with transition to surgical correction, a comparison of treatment effectiveness was conducted between groups with positive and negative outcomes at 4 and 6 months intervals. Conservative PE treatment was effective in cases of grade I - 41 cases (93.18%), grade II - 77 cases (74.76%), grade III - 11 patients (68.75%).

It was found that after six months of therapy, the effectiveness of conservative treatment should be predicted to determine further treatment strategy. Continued VBT is indicated if

the chest elevation reaches 16.03 ± 1.7 mm for ages 5-8 years, 17.03 ± 1.5 mm for ages 9-12 years, 13.29 ± 1.3 mm for ages 13-16 years, and 8.7 ± 1.2 mm for ages over 17 years, otherwise conversion to surgical correction is required. Among patients with ineffective conservative treatment, surgical intervention was indicated in 31 cases. In these patients, the area of deformity entry and PE degree reduced in most cases; thus, 12 (66.67%) surgeries were performed using a single corrective bar. Pain assessment using the NPRS was conducted at the next day, 4-5 days, one month, and three months post-surgery. It was established that pain intensity one day after surgery was 28.52%-22.76% lower in patients with prior VBT compared to those without one. By the 4th-5th day, pain levels were 20.26%-18.4% lower, depending on the degree of PE.

MIRPE was performed for 110 patients aged 6-17 years old with II and III PE degree.

A method for gradual elongated sternum traction was developed. It was found that in patients aged 14–17, extended gradual traction provides a sternum elevation of 48.65 mm (which is 51.40% greater than with single-stage traction). Bar fixation was performed with pericostal subperiosteal sutures: using steel wire, 82.14% experienced ligament breakage, 46.43% - bar rotation, and 7.14% had a loss of close bar-rib contact. Among patients with PET tape fixation there were no instances of bar rotation or displacement. It was established that subperiosteal ligature placement prevents chronic postoperative pain. Bar modification by the TERCOM system with oblique bar placement was improved by bar end rotation for better rib adherence. A titanium bar with an improved design, featuring a removable stabilizer that can be secured with a screw and four holes in the stabilizers, was used. Complications related to the plate design were not observed, unlike with other plate models.

A differentiated surgical strategy system was developed for MIRPE, and its effectiveness was studied for each anatomical type of PE according to the supplemented Park classification (PE and rib deformity (RD) type). Complete PE correction was achieved with the classic Nuss procedure only in the absence of RD for certain PE types in 26 patients (23.64%). Among the remaining 84 patients (76.36%), two groups were identified: the first—patients who underwent the basic Nuss technique ($n=26$; 27.27%); and the second—patients who received MIRPE adapted to each anatomical PE type ($n=58$; 72.73%). In the first group, there were 25 elements of incomplete correction (1.19 elements of incomplete correction per case), while in the second group, there were only 8 (0.14

elements of incomplete correction per case).

A mathematical model of the titanium corrective bar as a solid metal arch with rigidly fixed ends function was studied. The bending moment (BM) and deflection of the arch were determined for bars of various cross-sectional sizes. The force required to reposition the sternum into a physiological position was experimentally determined and termed the correction force (CF), ranging from 101.5 to 248.5 N. The calculated BM for bars of different sizes ranged from 17.52 to 36.49. The criterion for bar selection was set as a maximum calculated deflection of 3 mm. It was determined that, for stable PE correction, bars of 280·12·2.2 mm and 300·12·2.2 mm are recommended for patients aged 9–11 years; for patients aged 12–14 years, bars of 300·12·2.2 mm and 340·15·2.2 mm are appropriate, with 320·12·2.2 mm as an acceptable option. For patients aged 15–17 years, bars of 340·15·2.2 mm, 340·17·2.2 mm, and 360·17·2.2 mm are permissible. The calculated deflection for bars in crossed configurations for patients aged 15–17 years ranged from 3.06 mm to 2.19 mm, depending on the bar type.

Scientific Novelty of the Obtained Results. Criterias and conversion timing for surgical treatment were established for cases with ineffective conservative treatment

For the first time, mathematical calculations of the BM and deflection magnitude of titanium corrective bars as a solid metal arch with rigidly fixed ends for various bar sizes at different age groups were conducted; a system for selecting the size and quantity of correction bars has been developed.

Safety technologies for Nuss procedure complications were systematized, proprietary methods for enhanced patient safety have been proposed.

An addition to the PE classification by Park was proposed, according to which optimal Nuss procedure options (including author's) for each anatomical PE type were established.

Practical Significance of the Obtained Results. The work offers customization of both surgical and conservative treatment. The systematization and development of proprietary safety technologies for Nuss procedure complications help reduce its level. Using different MIRPE variations for each anatomical PE type improves treatment outcomes.

Keywords: pectus excavatum, corrective bar, Nuss procedure, MIRPE, children, thoracoscopy, vacuum bell, conservative treatment.

Список публікацій за темою дисертаційної роботи

1. В. Р. Заремба, О. А. Данилов (2021) Операція Nuss: шляхи зменшення частоти післяопераційних ускладнень, інтенсивності та тривалості післяопераційного болювого синдрому *Paediatric surgery (Ukraine)* 1(70):12-21; doi 10.15574/PS.2021.70.12.
2. V. R. Zarembo, O. A. Danylov (2022) Surgical approach to treatment of asymmetric rectus excavatum in children *Paediatric surgery (Ukraine)* 1(74):27-33; doi 10.15574/PS.2022.74.27.
3. О. А. Данилов, В. Р. Заремба (2022) Диференційний підхід до хірургічної корекції вродженої лійкоподібної деформації грудної клітки в дітей *Paediatric surgery (Ukraine)* 4(73):87-89; doi 10.15574/PS.2021.73.87.
4. Заремба В. Р., Кириченко В. А. (2021) Спосіб фіксації титанової коригуючої пластини при хірургічній корекції лійкоподібної деформації грудної клітки та його математичне моделювання *Paediatric surgery (Ukraine)* 2(71):21-25; doi 10.15574/PS.2021.71.21.
5. Заремба В. Р., Данилов О. А., Шульга Д. І., Доценко М. О., Курочкін О. С. (2018) Порівняльна характеристика консервативного та хірургічного лікування кількоподібної деформації грудної клітки у дітей *Paediatric surgery (Ukraine)* 2018.3(60):18-29; doi 10.15574/ps.2018.60.18.
6. Заремба В. Р., Доценко М. О., Бондаренко Є. О. (2017) Модифікація методу Мартінеза–Ферро у лікуванні кількоподібної деформації грудної клітки у дітей *Paediatric Surgery (Ukraine)* 2(55):19-26; doi10.15574/PS.2017.55.19.
7. Данилов О. А., Заремба В. Р., Шульга О. В. (2024) Вторинні порушення форми грудної клітки після корекції лійкоподібної деформації за методом Nuss *Paediatric Surgery (Ukraine)* 2(83): 19-26. doi: 10.15574/PS.2024.83.19.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ.....	16
ВСТУП.....	17
РОЗДІЛ 1. ЛІКУВАННЯ ЛДГК У ДІТЕЙ. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ.....	21
1.1. Сучасний стан проблеми хірургічного лікування ЛДГК	21
1.2. Використання ВД у лікуванні ЛДГК.....	32
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
2.1 Загальна характеристика пацієнтів.....	36
2.1.1 Загальна характеристика пацієнтів у групі консервативного	
лікування.....	36
2.1.2 Загальна характеристика пацієнтів у групі хірургічного лікування....	37
2.2 Клінічні та інструментальні методи обстеження.....	39
2.2.1 Вимірювання глибини ЛДГК.....	39
2.2.2 Вимірювання тиску у вакуумній камері ВД.....	39
2.2.3 Рентгенологічні методи дослідження.....	40
2.3 Визначення фізичних показників роботи та надійності	
арки-пластини.....	44
2.3.2 Визначення жорсткості коригувальної конструкції.....	44
2.3.1 Визначення міцності коригувальної конструкції.....	45
2.4 Власні наукові розробки.....	46
2.5 Статистична обробка даних	47
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ ВД У ЛІКУВАННІ ЛДГК.....	49
3.1 Терапія у ВД як самостійний метод лікування ЛДГК у дітей	49
3.2 Розробка методу прогнозування результату лікування ЛДГК у ВД.....	57
3.3 Застосування ВД з метою підготовки до хірургічного лікування ЛДГК..	63
РОЗДІЛ 4. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ТИТАНОВОЇ	
ПЛАСТИНИ ПРИ ЖОРСТКІЙ ФІКСАЦІЇ ЇЇ КІНЦІВ ПІД ЧАС MIPPE.....	69
4.1 Формулювання задач та способи визначення КЗМ і прогину пластини...71	
4.2 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для різних вікових груп.....	79

4.2.1 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 9–11 років.....	79
4.2.2 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 12 – 14 років.....	80
4.2.3 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 15–17 років.....	82
4.2.4. Розрахунки КЗМ та прогину пластини для випадків перехресної імплантації пластин.....	85
4.3 Аналіз результатів визначення КЗМ та прогину пластин для різних вікових груп пацієнтів із формуванням рекомендацій по вибору оптимального розмірі та кількості коригувальних пластин.....	86
РОЗДІЛ 5. ПРОФІЛАКТИКА УСКЛАДНЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ MIRE.	90
5.1 Тракція грудини.....	90
5.2 Торакоскопічний супровід.....	93
5.3 Ретростернальна тунелізація	95
5.4 Спосіб фіксації пластини.....	96
5.5 Забезпечення конгруентності пластини кривизні деформації грудної стінки.....	99
5.6 Характеристики коригувальної пластини.....	101
5.7 Розмітка операційного поля	104
5.8 Профілактика плечового плекситу.....	105
5.9 Техніка безпеки при операції видалення коригувальної пластини після операції Nuss.....	106
РОЗДІЛ 6. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ОПЕРАЦІЇ NUSS ПРИ РІЗНИХ АНАТОМІЧНИХ ФОРМ ЛДГК	108
6.1 Типи проведених операційних втручань за класичною технікою Nuss та адаптованою при різних анатомічних варіантах ЛДГК.....	110
6.1.1 Симетричний класичний тип (IA за Park).....	111
6.1.1.1 Симетричний класичний тип ЛДГК (IA за Park) без ДФРД.....	111
6.1.1.2 Симетричний класичний тип ЛДГК (IA за Park) із двобічною ПРД..	112
6.1.1.3 Симетричний класичний типу ЛДГК (IA за Park) із двобічною ДРД.....	113
6.1.1.4 Симетричний класичний тип ЛДГК (IA за Park) із двобічною КДФРД.....	114
6.1.2 Симетричний широкий плаский тип (IB за Park).....	116

6.1.2.1 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) без ДФРД.....	116
6.2.2.2. Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) із двобічною ДРД.....	117
6.1.2.3 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) із однобічною ДРД.....	118
6.1.3 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за Park).....	119
6.1.3.1 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за Park) без ДФРД.....	120
6.1.3.2 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за Park) із однобічною ДРД.....	121
6.1.3.3 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за Park) із однобічною КДФРД.....	122
6.1.4 Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ІА2 за Park)....	124
6.1.4.1 Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ІА2 за Park) із однобічною ДРД.....	125
6.1.4.2 Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ІА2 за Park) із однобічною КДФРД.....	126
6.1.5 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ІА3 за Park).....	127
6.1.5.1 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ІА3 за Park) без ДФРД.....	128
6.1.5.2 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ІА3 за Park) із двобічною КДФРД.....	128
6.1.5.3 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ІА3 за Park) із двобічною ДРД.....	130
6.1.5.4 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ІА3 за Park) із однобічною ПРД.....	130
6.1.6 Асиметричний незбалансований (ІІВ за Park).....	130
6.1.7 Асиметричний комбінований тип (ІС за Park).....	132
6.2. Результати хірургічного лікування при різних анатомічних типах ЛДГК	135

6.2.1	Результати хірургічного лікування симетричного класичного типу ЛДГК (ІА за Park).....	135
6.2.2	Результати хірургічного лікування симетричного широкого плаского типу ЛДГК (ІВ за Park).....	136
6.2.3	Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного локального типі (ІА1 за Park).....	136
6.2.4	Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного широкого плаского типу (ІА2 за Park).....	137
6.2.5	Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного довгого глибокого типу «Grand Canyon» (ІА3 за Park).....	137
6.2.6	Результати хірургічного лікування асиметричного незбалансованого типу (ІІВ за Park).....	138
6.2.7	Результати хірургічного лікування асиметричного комбінованого типу (ІІС за Park).....	138
6.3	Аналіз отриманих результатів хірургічного лікування.....	139
6.4	Рекомендації щодо диференційованого вибору варіанту МІРРЕ.....	143
	ВИСНОВКИ.....	147
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	149
	ДОДАТКИ.....	169

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ ВИМІРЮВАННЯ,
СКОРОЧЕНЬ**

ВД	- вакуумний дзвін
ДРД	- депресія реберних дуг
ДФРД	- деформація реберних дуг
КДФРД	- комбінована деформація реберних дуг
КЗМ	- коефіцієнт запасу міцності
ЛДГК	- лійкоподібна деформація грудної клітки
НКТГК	- нативна комп'ютерна томографія грудної клітки
ПРД	- протрузія реберних дуг
СК (Р)	- сила корекції
ШВЛ	- штучна вентиляція легень
<i>c</i>	- кількість усіх вибірок, що досліджуються
<i>E</i>	- модуль пружності матеріалу арки
<i>f</i>	- прогин цільнометалевої арки–пластини
FDA	- U.S. Food & Drag Administration
Flare buster	- «усувач випинання», метод корекції ПРД під час MIRPE
GNU GPL	- General Public License GNU(Загальна публічна ліцензія GNU, де GNU вільна операційна система та відповідний проект)
<i>H</i>	- коефіцієнт критерія Краскела-Уоллеса
HI	- індекс Галера
Level technique	- «важлива техніка», спосіб корекції комбінованого типу ЛДГК
<i>M</i>	- значення діючого згинаючого моменту в досліджуваному перерізі
Magic string-	«чарівна струна», метод корекції залишкової кілевидної деформації під час MIRPE
MIRPE	- Minimally Invasive Pectus Excavatum Repair (мініінвазивна корекція лійкоподібної деформації грудної клітки)
<i>N</i>	- загальна кількість спостережень в усіх вибірках
<i>n_j</i>	- кількість спостережень у кожній з вибірок
NPRS	- Numeric Pain Rating Scale (числова шкала оцінки болю)
Sandwich technique	- «сандвіч-техніка», один із способів корекції комбінованого типу ЛДГК
TERCOM	- Terrain Contour Matching (зіставлення із контуром рельєфу), система модифікації коригувальної пластини відповідно рельєфу грудної стінки
<i>T_j</i>	- сума визначених рангів у кожній з вибірок
σ	- розрахункове навантаження на титанову арку
σ_T	- межа плинності титану
W_x	- момент опору поперечного перерізу при згинанні

ВСТУП

Актуальність теми. ЛДГК– найчастіша вада розвитку грудної клітки, що проявляється западиною грудини та ребер, супроводжується різного ступеня функціональними й органічними порушеннями в системах кровообігу та дихання, важкими психологічними проблемами. Дана вада реєструється із частотою 0,1–0,8% у популяції. Консервативне лікування у ВД не має стандартизованих підходів щодо часу його аплікації, загальної тривалості лікування, рівня негативного тиску, показань для конверсії до хірургічної корекції .

Після операції Nuss часто реєструється залишкова деформація або вторинні деформації грудної клітки, є високою частота післяопераційних ускладнень, часто пацієнти потребують повторних операцій; є проблемою хронічний післяопераційний біль у грудній клітці.

Таким чином, відсутність чітких критеріїв до визначення доцільності консервативної терапії при ЛДГК та доказових протоколів її проведення, високі ризики хірургічного лікування, відсутність систематизованих підходів до кастомізації операції Nuss при корекції різних анатомічних типів ЛДГК, наявність вторинних та залишкових деформацій грудної клітки, відсутність обґрунтованих критеріїв до вибору кількості та розмірів коригувальних пластин, хронізація післяопераційного больового синдрому залишаються невирішеними питаннями та визначають актуальність обраної теми дослідження.

Мета дослідження. Покращити результати лікування дітей із ЛДГК шляхом визначення чітких показань до консервативного та хірургічного лікування, оптимізації консервативного лікування; диференціації малоінвазивної корекції ЛДГК та індивідуального вибору фіксаторів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота є частиною планової науково-дослідної роботи кафедри дитячої хірургії, травматології та ортопедії Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика на тему: «Розробка нових методів лікування та їх оцінка при вродженій та набутій хірургічній патології в дітей»,

(№ державної реєстрації 0113U002713, терміни виконання: 2018-2022 рр.). Тема дисертаційної роботи затверджена на засіданні вченої ради Національної медичної академії післядипломної освіти імені П. Л. Шупика (протокол № 1 від 28.01.2021 р.).

Завдання дослідження :

1. Провести аналіз ефективності лікування ВД при ЛДГК; вивчити результати його застосування як способу передопераційної підготовки; розробити метод прогнозування ефективності консервативного лікування та визначення оптимального терміну для конверсії до хірургічної корекції.
2. Вивчити прогин та коефіцієнт надійності коригувальної титанової пластини як суцільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями та сформулювати рекомендації до раціонального вибору їх розмірів та кількості.
3. Розробити систему методів профілактики ускладнень операції Nuss.
4. На підставі доповненої класифікації ЛДГК за Park розробити варіанти операції Nuss для кожного із анатомічних типів деформації.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблені диференційовані підходи до встановлення показань для консервативного та хірургічного методів лікування. Установлені критерії та терміни конверсії до хірургічного лікування.

Вперше проведений математичний розрахунок коефіцієнту запасу міцності та величини прогину титанової коригувальної пластини, що використовується для MIRPE, як ціЛЬНОметалевої арки із жорстко фіксованими кінцями для різних розмірів пластин у різних вікових групах; сформована система вибору розмірів та кількості пластин, необхідних для корекції.

Систематизовані заходи профілактики ускладнень операції Nuss, запропоновані власні способи підвищення безпеки пацієнта.

Запропоноване доповнення до класифікації ЛДГК за Park, відповідно до якого визначені оптимальні варіанти операції Nuss (у тому числі авторські) кожному із анатомічних варіантів ЛДГК.

Практичне значення отриманих результатів. Робота пропонує індивідуалізацію хірургічного та консервативного варіантів лікування. Систематизація та розробка власних способів профілактики ускладнень операції

Nuss дозволяє значно знизити їх рівень. Застосування різних варіантів MIRPE для кожного анатомічного варіанту ЛДГК покращує результати лікування.

Особистий внесок здобувача. Згідно теми дослідження автором самостійно виконано аналіз наукової фахової літератури та проведено патентний пошук. Дослідником розроблена програма обстеження пацієнтів групи консервативного та хірургічного лікування, особисто проведене консервативне та хірургічне лікування всіх пацієнтів. Приймав участь у розробці математичної моделі коригувальної пластини як суцільнометалевої арки–дуги із жорстко фіксованими кінцями. Запропонував спосіб фіксації кінців пластини лавсановою тасьмою, спосіб поетапної тривалої тракції грудини та багатоточкової тракції грудини, удосконалив спосіб ретростернальної тунелізації та проведення пластини, удосконалив дизайн коригувальної пластини; запропонував нові варіанти виконання операції Nuss для кількох анатомічних варіантів ЛДГК. Спільно із науковим керівником узагальнені результати та сформульовано висновки. В опублікованих із науковим керівником та іншими співавторами спільних працях автору належить частина ідей стосовно лікування пацієнтів та методів проведення дослідження. Конфлікту інтересів немає.

Апробація матеріалів дисертації. Результати дисертаційної роботи доведені на: науково–практичній конференції з міжнародною участю (18-19 травня 2023. Одеса). Одеса, 2023: 196; науково-практичній конференції з міжнародною участю «Інноваційні технології в хірургії та анестезіології і інтенсивній терапії дитячого віку» (18-19 жовтня 2019. Київ). Київ, 2019; Третій міжнародній фаховій школі для дитячих лікарів хірургічних спеціальностей: «Рух в майбутнє вже сьогодні. Step by step». (8-10 грудня 2023. Львів). Львів, 2023:3; Третій міжнародній фаховій школі для дитячих лікарів хірургічних спеціальностей: «Практична дитяча хірургія» - 2022. (17-18 вересня 2022. Київ) - проведений майстер – клас «Консервативне лікування деформацій грудної клітки у дітей»; III науково–практичній конференції із міжнародною участю «Охматдитівські читання» (14 - 15 вересня 2023. Київ). Київ, 2023. – 2 доповіді; V конгресі Української Академії Педіатричних Спеціальностей (2 - 4 червня 2023. Львів). Львів, 2023:16; Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю (18-20 листопада 2021. Львів). Львів, 2021:4.

За матеріалами дисертації опубліковано 7 статей у наукових фахових журналах, у тому числі 6 - у виданнях, що індексуються в науковій базі Scopus, зареєстровано 2 патенти на користу модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена українською мовою на 172 сторінках та складається із анотації; переліку умовних позначень, символів, одиниць, скорочень та термінів; вступу; огляду літератури; викладу матеріалів та методів дослідження, розділів «Використання ВД у лікуванні ЛДГК»; «Математичне моделювання деформації титанової пластини при жорсткій фіксації її кінців під час MIRPE»; «Профілактика ускладнень при виконанні MIRPE»; «Визначення оптимальних варіантів операції Nuss при різних анатомічних форм ЛДГК», переліку використаних джерел, додатків.

Перелік літератури містить 157 джерел, із них 148 латиницею та 9 - кирилицею.

Дисертація унаочнена 72 рисунками, 32 таблицями, 6 формулами.

РОЗДІЛ 1

ЛІКУВАННЯ ЛДГК УДІТЕЙ. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ

1.1. Сучасний стан проблеми хірургічного лікування ЛДГК.

Перше хірургічне втручання з приводу ЛДГК було виконане Mayer у 1912 році [13,83] – виконана резекція ребер; Sauerbruch провів двобічні резекції реберних хрящів та клиновидну остеотомію грудини із подальшим скелетним витягом за грудину впродовж 6 тижнів [111]. У 1949 році Ravitch вдосконалив цю операцію, виконавши радикальну субокістну резекцію хрящів 2-7 ребер; така резекція давала можливість уникнути подальшого скелетного витягу [115]. Дане втручання доповнене поперечним пересіченням задньої кортикальної пластинки грудини в основі деформації із клиновидною вставкою реберного хряща. Ravitch вважав доцільним оперувати саме молодих пацієнтів (аж до немовлят включно), оскільки, на його думку, у молодших пацієнтів операція проходить значно легше і молодші пацієнти мають вищу ймовірність відновлення нормального контуру грудної клітки. Adkins та Blades (1961) вдосконалили методику Ravitch – вони стали розміщувати фіксатор ретростернально після радикальної резекції реберних хрящів та мобілізації грудини. Другий етап операції (видалення пластини) проводили через 6 тижнів [2]. До початку 21 століття операція Ravitch із фіксацією грудини ретростернальною металевою пластиною за Adkins та Blades або без неї стала «золотим стандартом» 20 століття у лікуванні ЛДГК [13].

Історичне значення мають інші резекційні методи торакопластики. Так, торакопластика за Кондрашиним включає клиноподібну резекцію ділянок реберних хрящів по зовнішній межі деформації, пересічення їх парастернально, поперечну клиноподібну резекцію грудини на верхній межі деформації; широке відшарування діафрагми від реберних дуг, ушивання реберних хрящів у ділянці клиновидної резекції, вшивання рани грудини на місці її резекції [151].

Описані хірургічні втручання із розворотом грудино-реберного комплексу на 180°: операція за J. Wada (вільний переверот грудини) [136]; операція за A. Jung (переверот грудини на м'язевій ніжці) [62]; переверот грудини із збереженням судинного пучка за K. Taguchi [126]; частим ускладненням таких операцій був некроз грудини.

Торакопластика за Ochsner та M. De Bakey (1939) включає виділення реберних хрящів, ощадну їх резекцію, клиноподібну стернотомію, висічення грудино-діафрагмальної зв'язки та скелетний витяг за грудину [131]. Частина хірургів (R. Gross, 1958 [45]; A. Brun-peg, 1954) рекомендувала доповнювати таке хірургічне втручання Т- подібною стернотомією. Операція Баїрова передбачала економну резекцію реберних хрящів, відсічення ребер від грудини, відсічення грудино-діафрагмальної зв'язки, клиновидну резекцію грудини; виконувалася із 6 невеликих розрізів; грудинореберний комплекс фіксувався для витягнення до спеціальної шини Маршева [149]. Ідеологічно схожою із операцією Баїрова є торакопластика за Gross – після резекції реберних хрящів та стернотомії грудинореберний комплекс лігатурами фіксувався до спеціальної шини-корсета [45]. У подальшому набули поширення хірургічні втручання із застосуванням внутрішньої фіксації грудино-реберного комплексу спицями (Woods, Overholt, 1958) [141]; металевими пластинами, кістковими трансплантатами (Adkins, 1958[2]; Dorner, 1950 [27]). Доволі великої популярності набула операція Rehbein – вона передбачала субокісну резекцію реберних хрящів із подальшою фіксацією поперечних металевих пластин до 4-6 ребер із обох сторін на 3 роки [110]. Операція Paltia-Sulamaa [97] відрізняється від інших поперечним проведенням однієї пластини між кортикальними пластинками грудини. Операція Тимощенко – перша, що передбачала загрудинне розташування пластини [155].

Розроблені втручання із підшкірною імплантацією силіконових імплантів або ацелюлярного дермального матриксу [24] та аутожиру [37], які виповнюють дефект – вони виправляють лише естетичний аспект ЛДГК, тому поширення не набули; такі операції використовують при заміщенні м'язевих дефектів при синдромі Поланда

Більшість авторів, які займалися резекційними методиками хірургічної корекції ЛДГК, рекомендували, як і Ravitch [2,13,28,45,97,109,110,141,149,151, 153], якомога раніше проводити хірургічне втручання, навіть у дітей молодших вікових категорій. На основі спостереження за віддаленими наслідками таких втручань стали з'являтися публікації, які свідчили про сповільнення росту грудної клітки у пацієнтів, прооперованих у ранньому віці. Так, Gellis (1996) рекомендував

узагалі не направляти пацієнтів дитячого віку на хірургічну корекцію ЛДГК [42]. У 1990 році Martinez провела мета-аналіз прооперованих у National Institute of Pediatrics in Mexico City пацієнтів, значна частина із яких була дошкільного віку, та виявила, що безпосередні результати хірургічної корекції були відмінними, але з віком у цих пацієнтів з'являлося виразне відставання у рості грудної клітки, причому дефіцит росту грудної клітки був тим більшим, чим у молодшим був пацієнт на момент операції [80]. З огляду на вищенаведене, при хірургічному лікуванні ЛДГК резекційними методами, рекомендований вік, із якого варто проводити оперативне втручання, змістився до закінчення періоду швидкого підліткового росту (статевого дозрівання) [13, 19, 42, 52]. Даний постулат, укорінившись як загальноновизнаний підхід, поширився і на не резекційні втручання, очевидно, не завжди обґрунтовано [5, 19, 22, 28, 43, 48, 52, 90, 114].

Нову парадигму у хірургічній корекції ЛДГК відкрила робота D.Nuss, у якій були наведені результати 10-річного використання «мінімально інвазивної техніки для корекції лійкоподібної деформації грудної клітки» (Minimally Invasive Technique for the Correction of Pectus Excavatum) [89]. У подальшому дане оперативне втручання отримало такі загальноновживані назви: Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum, MIRPE, Nuss procedure. Техніка запропонованої операції була наступною: на рівні максимальної глибини ЛДГК по боках грудної стінки проводились два розрізи шкіри по 2,5 см, формувалися підшкірні тунелі з кожної сторони до краю деформації; у цій точці 30-см затискачем Келлі проникали у плевральну порожнину, проводили ретростернальну тунелізацію і виходили у підшкірний тунель на протилежній стороні. Затискачем протягували тасьму, за нею - аркоподібно вигнуту стальну пластину перерізом 15·2 мм опуклістю назад; виконували її розворот, що приводило до виведення грудинореберного комплексу у фізіологічне положення. За потреби встановлювалася друга пластина. Пластини фіксувалися лігатурами до м'язів бокової поверхні грудної стінки. За потреби встановлювалися стабілізатори на кінці пластин. Якщо встановлювали дві пластини, їх на кінцях з'єднували двома поперечними планками, утворюючи «мостову конструкцію».

Операція Nuss завоювала багато прихильників, особливо після 2012 р., через простоту виконання та кращі наслідки. Так, у медичній літературі за останні 10 рр. опубліковано понад 1000 досліджень, які стосуються ЛДГК взагалі та її корекції за Nuss зокрема. Якщо у 20 столітті «золотим стандартом» у хірургічному лікуванні ЛДГК вважався метод Ravitch, то у 21- методика Nuss [13,19,22,28,48,52,112,113]. До 2018 р у літературі проаналізовано понад 50 000 проведених MIRPE [5,22,48,52, 90,91,112, 119,120].

Операція Nuss має відносно велику кількість ускладнень та залишкових деформацій [3,5,6,9, 10,11,12,14,16,20,30,31,34, 35,36,38,40,53,54,57,60,65,66,67, 82,91,98,101,112,147], тому запропонована велика кількість її модифікацій.

Підходи до відбору пацієнтів для MIRPE із накопиченням досвіду та проведенням аналізу змінювалися. Так, якщо у оригінальному дослідженні Nuss (1998) [89] середній вік пацієнта був близько 5 років і не було жодного пацієнта віком понад 15 років, то у 2008 році результатом автор прийшов до висновку, що час, коли коригувальна пластина перебуває у тілі пацієнта має відповідати періоду підліткового швидкого росту; разом із тим, при важких формах деформації Nuss та інші автори не відкидають можливість ранішого оперативного втручання, особливо за наявності клінічних проявів [48,90,114]. На сьогодні чітких загальноновизнаних показань до визначення віку, в якому повинна проводитися MIRPE, не існує. Так, Papandria (2012) [98] зафіксував збільшення середнього віку пацієнтів з 11,8 роки у 1998 році до 14,4 роки у 2009. Вітчизняні дослідники вважають оптимальним віком для операції 13-16 рр (Фищенко Я.В., 2019 [156]). Операція може успішно бути виконана у дорослих - є повідомлення про операції у пацієнтів навіть літнього віку; найстарший пацієнт мав 72 роки [3,5,52]. Натомість, інші автори [99,122] отримали добрі результати лікування пацієнтів із трьохрічного віку; при такому підході має місце нижчий рівень ускладнень, кращі естетичні та функціональні результати. Вік, у якому проводиться хірургічне лікування лійкоподібної деформації грудної клітки на загал виріс до 13-15 років [5,52,91], але він залежить і від особливостей системи охорони здоров'я: страхові компанії у деяких країнах фінансують проведення корекції лише за наявності клінічних відхилень, тому до 16-17 рр. операція недоступна [91].

Класична укладка пацієнта на операційному столі, описана Nuss (1998) передбачає положення пацієнта на спині із відведеними на 70° руками. Для традиційної MIRPE із імплантацією однієї пластини така укладка є зручною, однак при імплантації двох пластин і подовженні часу операції можливе виникнення плечевого плекситу [31,91] та може порушуватися ергономіка маніпуляцій із торакоскопом. Park, 2023 [100], та Lopez розміщують пацієнта на операційному столі у горілиць із підвішеними піднятими догори руками, зігнутими у ліктьових суглобах; рекомендують проводити MIRPE із валиком між лопатками пацієнта та руками, розміщеними вздовж тулуба [91].

Розмір, місце виконання, напрямок, кількість шкірних розрізів, що виконуються для проведення коригуючих пластин, є різними. Якщо за оригінальною методикою виконувались два поперечних розрізи по 2,5–3,0 см на рівні найглибшої точки деформації між середньою та передньою аксиллярною лінією [89], то пізніше виникла тенденція до більш медіального виконання даних доступів [48,52,122] використовується і один правий бічний доступ; також - асиметричне розташування коротшої за стандартну пластини; у пацієнтів чоловічої статі із високим розташуванням деформації використовується доступ по краю ареоли із імплантацією однієї короткої пластини [52]. Мінімальними розмірами доступів є доступ довжиною 1 см; для виконання MIRPE із таких доступів необхідне проведення тунелізації інтрод'юсером із інтегрованим відеосупроводом та світловодом [100].

Не існує єдиної думки щодо типу тунелю для пластини у товщі грудної стінки. Частина хірургів виконує підшкірний тунель [100,152], а частина – під великими грудними м'язами [5,52]. Підшкірне формування тунелю технічно легше, але вимагає високої прецизійності у формуванні кривизни пластини, дозволяє виконати із двох бічних доступів імплантацію «мостової конструкції».

Оперативне втручання за Nuss несе високі інтраопераційні ризики, серед яких найгіршим є перфорація серця – до 2016 року зібрано 27 випадків; тампонада серця при травмі перикарда, порушення цілісності легень із післяопераційним напруженим пневмотораксом, ушкодження внутрішньогрудної артерії, раптова зупинка серцевої діяльності, масивний тромбоз правих відділів серця

[5,12,20,36,40,66,67,60,65,66,67,91,100] або навіть поєднання цих ускладнень [6]—одночасна перфорація серця та масивна травма легені. Цими ж авторами проведений аналіз виникнення і інших ускладнень операції Nuss, серед яких відтерміновані кровотечі із внутрішньогрудної артерії, перикардити, гідроторакс, відстрочений пневмоторакс, пневмонія, ателектази легень, гемоторакс, навіть рабдоміоліз [30] та поліорганна недостатність [54] а також- «малі» післяопераційні ускладнення, серед яких серома, гематома, малий пнемо— та гемоторакс, інфекції ділянки хірургічного втручання, пневмонії, плечевий плексит тощо.

Технології безпеки при виконанні операції Nuss включають кілька напрямків. Для забезпечення візуалізації межистіння при тунелізації використовується відеоторакоскопія; важливість її використання підтверджена великою кількістю досліджень [26,40,48,52,76,99]. Більшість дослідників рекомендують проведення правобічної торакаскопії та проведення ретростернальної дисекції у напрямку справа наліво [9,89,91,99]. Частина науковців надає перевагу білатеральній торакаскопії [15,76]. Є роботи, що висвітлюють використання VATS—доступів з двох сторін по 2 см [15]. Разом із тим є дослідження, що ратують за відмову від торакаскопії [9,33,91,121,139]. Як альтернативу пропонують трансезофагеальну ультрасонографію [142], а також використання інтрод'юсера із інтегрованим світловодом для можливості транс ілюмінації грудної стінки [121].

Іншим важливим чинником підвищення рівня безпеки пацієнта є підйом запалої частини передньої грудної стінки до фізіологічного положення із метою створення проміжку між грудиною та перикардом для проведення безпечної ретростернальної дисекції. Як неінвазивний спосіб такого підйому рекомендують використання ВД Екарта Клобе із тиском 150 мбар [52,90]. При ригідній ЛДГК підйом передньої грудної стінки ВД є неефективним, тому використовують спеціальні хірургічні прийоми та пристрої, зокрема: дротяна трансгрудинна лігатура, що проводиться у товщі найнижчої точки деформації та витягується на спеціальному підйомному крані («Park's Crane») [100]; стернальний затискач із встановленим на столі «Rultract Skyhook» та інші засоби: два ретрактори Langenbech, що вводяться у точках проникнення коригувальної пластини у плевральні порожнини; ретрактор Kent із підйомним гачком, уведеним у товщу

грудини [90]. Серед інвазивних хірургічних прийомів підйому грудної стінки найбільшої популярності набуло прошивання сталюю лігатурою із подальшою тракцією у нижній частині груднини [100]. Таке прошивання є саме по собі досить небезпечним - можливий прокол перикарду або серця, тракція за нижню частину груднини у пацієнтів із важкими асиметричними формами ЛДГК не завжди дозволяє достатньо підняти грудну стінку, тому використовують кортикальні гвинти, що вкручуються у грудину [100].

Як альтернативу торакоскопії та підйому груднини використовують субксіфодальний доступ із відсіченням мечевидного паростка та пальцевою дисекцією ретростернального простору для подальшого дигітотактильного контролю та підйому груднини [26,149].

Ретростернальна тунелізація як етап операції Nuss теж трансформувалася від її здійснення затискачем Kelly, інтрод'юсером до проведення її безпосередньо пластиною [148] та аж до виконання ендохірургічним маніпулятором типу «peanut» («Endo - kittner dissectors») [99]. Точкою введення інструмента для дисекції більшістю авторів визнана точка проникнення пластини у грудну клітку, але при ригідних ЛДГК варто вводити інструмент для дисекції через основний доступ, що покращує доступ у ретростернальний простір [113].

Одним із найчастіших ускладнень MIRPE є зміщення та ротація пластин, оскільки класична методика передбачає фіксацію пластини лігатурами до м'язів грудної стінки [16,21,40,89,90]. Для запобігання цьому типу ускладнень запропонована велика кількість способів та матеріалів для фіксації. Одним із перших був спосіб фіксації пластини із одним стабілізатором, установленим безпосередньо біля точки проникнення пластини у плевральну порожнину, що обмежувало можливість ротації пластини [105]. Варіантом цієї методики є використання таких стабілізаторів з обох сторін [132]. Недоліком даних методик є неможливість використання їх при широких формах деформації, складніший другий етап хірургічного втручання (видалення пластини) та деформація ребер у точках тиску пластини [152]. Фіксація пластини парастернальними перикостальними лігатурами (Hebra, 2001) широко не застовується; спосіб фіксації множинними перикостальними лігатурами теж має певні недоліки: лігатурами перев'язується два-

три міжреберних нерви з кожного боку, навіть така кількість перикостальних швів повністю не усуває ризику розвороту пластини [91]. Існує методика фіксації пластини до тіла грудини через фрезеві отвори [59].

Іншим методом фіксації стабілізаторів є їх закріплення двома дротяними перикостальними лігатурами стабілізатора та, опційно, - закріплення третьою лігатурою кінця пластини [100]. Частим ускладненням фіксації стальними лігатурами є перелом дротяних швів [142,146]; авторами наведені дані про високу частоту переломів стальних лігатур – до 88 %, що відбуваються через 4-8 місяців.

Досить надійним засобом запобігання зміщенню пластини є «фіксатор – кіготь» («claw fixator»), який гвинтом фіксується до ребра [100], але «кіготь» фіксатора огортає лише верхню частину ребра, тому зміщення пластини можливе.

Дослідниками описані випадки алергії на метал у пацієнтів, яким була проведена операція Nuss: здебільшого це була алергія на сталь [10,38] та нікель [34] - відзначається у 2% випадків; алергія на титанові сплави відзначається вкрай рідко [34,38,101]. У пацієнтів має місце тривалий значний підйом рівня хрому та нікелю у тканинах та плазмі крові навіть після видалення фіксаторів при використанні пластин із неіржавіючої сталі; іони цих металів викликають місцеві подразнюючі неалергічні реакції, що може призвести до раннього видалення фіксаторів [34]. Запобігти виникненню алергії на метал можна проведенням шкірних алергічних тестів [10,34,38,103]; проте, згідно із іншими дослідженнями [95], точність таких тестів не є високою. Наявність імплантованих титанових пластин не є протипоказанням до проведення магніто–резонансної томографії; недоліком титанових імплантів є лише їхня більша вартість [38].

Впродовж усього часу використання MIRPE не існувало досліджень, які б обґрунтовували розміри та кількість коригувальних пластин, способів їх фіксації. Дослідження вітчизняних авторів [152,153,154] вперше були присвячені цим темам. Дослідження на моделі грудної клітки у випадках відсутності жорсткої фіксації кінців пластин до ребер виявило найбільше деформування ребер із можливим рецидивом ЛДГК при встановленні короткого фіксатора, кращі результати – при використанні довгих пластин; найменше деформувалися ребра при використанні мостової конструкції [152,153]. Виконане лабораторне експериментальне

дослідження та математичне моделювання щодо вивчення деформації фіксатора як незакріпленої титанової балки січенням $2,5 \cdot 15$ мм при навантаженнях від 50 до 600 Н як при використанні однієї пластини, так і зведеної. Виявлено, що при використанні фіксатора як мостовидної конструкції із двох пластин січенням $2,5 \cdot 15$ мм при навантаженні у 300 Н прогин складає 5,03 мм [154]. Дослідження, які були проведені шляхом інтраопераційної динамометрії встановили, що у пацієнтів 5–18 рр. зусилля, що потрібне для виведення груднини у фізіологічне положення становить від 80 до 250 Н, медіана – 195 Н, середнє значення – 181 Н [91].

Одним із ускладнень, що виникає при використанні коригувальних пластин, є прорізування пластиною міжреберних м'язів із скелетизацією ребер та частковою втратою корекції. Для вирішення цієї проблеми використовують спеціальну пластинку– підкладку (hinge plate), що, опираючись на два ребра, дає достатню опору для пластини [91]. Застосовують методику звуження міжреберного простору дротяною лігатурою, що охоплює два ребра та скручується над та під пластиною, формуючи їй опору [35]. Модифікація цього способу із матеріалом FiberWire[®], що не схильним до перетирання, отримала назву «гамак-процедури» («Hammock procedure»)- виконують кілька обвивних швів навколо двох ребер одразу біля місця проникнення пластини у грудну порожнину, формуючи їй опору [59].

Пацієнтам, які мають асиметричні ригідні форми ЛДГК запропоновані хірургічні тактики із виконанням послаблюючих розрізів на ребрах та груднині. Зокрема, пропонується виконання подвійних клиновидних хондротомій 2-7 ребер медіальніше від внутрішньшньої грудної артерії торакоскопічно [69, 96,140]. Для зменшення навантаження на фіксатор використовують Т– подібну стернотомію або поперечну стернотомію, розсікаючи передню кортикальну пластинку [69,150]; запропоновано також поєднувати поперечне пересічення груднини та множинні хондротомії ребер [86,87].

Кількість пластин різними авторами використовується різна, зокрема в оригінальному дослідженні Nuss[89] рутинно застосовувалася одна, лише кільком пацієнтам проведено дві пластини. У подальшому виникла тенденція до збільшення кількості пластин до двох і трьох [8,48,76,105]; навіть– і чотирьох [59]. При локальних формах ЛДГК схиляються до використання однієї пластини [48,89,100].

Запропоновано кілька методик різного взаємного розташування пластин, зокрема, перехресне розташування пластин («cross-bar bar technique») рекомендують використовувати при деформації типу “Grand Canyon” [8,76,100,113]; та за умов наявності двобічної ДРД [23,48]. Є дані про кращі естетичні наслідки при «parallel-bar technique» та меншу частоту рецидивів при використанні «cross-bar bar technique» [30]. При важких ЛДГК, поширених по висоті застосовується «cross-bar bar technique», доповнена ще однією горизонтальною пластиною [48,100]. Імплантація фіксатора у вигляді мостової конструкції («bridge technique»), що є варіантом «parallel-bar technique», при яких кінці пластин на кожній стороні фіксуються до стабілізаторів, рекомендується як засіб уникнення зміщення пластин [9,48,152,153].

Досить рідким варіантом розташування двох пластин є сандвіч–техніка (“sandwich technique”), що застосовується при асиметричному комбінованому типі деформації (ПС за Park): одна з пластин коригує кілевидну порцію деформації, а інша - лійкоподібну її частину; це втручання поєднує операції Abramson та Nuss. Як правило, пластини замикаються у мостову конструкцію та ригідно фіксуються до ребер [100].

У випадках наявності помірної або невеликої залишкової кілевидної деформації, що залишається після фіксації пластин, застосовують метод «чарівної струни» (“magic string”) [100]: між стабілізаторами пластини над найбільш випнутою точкою залишкової деформації формується підм’язевий тунель, у якому проводять пучок товстих ниток, що не розсмоктуються; приводять випнуту частину грудної стінки у природне положення натисненням та міцно фіксують під натягом нитки до обох стабілізаторів для повної корекції.

Модифікація пластини до форми, конгруентній кривизні деформації дає кращі естетичні та функціональні результати. Для цього використовують як алюмінієву пластину-шаблон [89] із ручним механічним моделюванням фіксатора важільним згиначем пластин, так і 3D– сканування [41] із модифікацією пластини спеціалізованим станком із числовим програмним управлінням. Формування пластини із точною дзеркальною кривизною до кривизни грудної клітки дозволяє досягнути значно кращих результатів при асиметричних ЛДГК та ДФРД [100]; автором методика названа TERCOM.

Часто ЛДГК поєднується із ПРД (flaring of the costal arch), що є виключно естетичною проблемою. Для корекції ПРД може бути виконана відкрита субнадхрящна резекція найбільш випнутої частини хряща реберної дуги— від 5 до 10 см за Remko; варіантом резекції реберної дуги є клиновидне її висічення у трьох точках за Notrica: на найвищій точці ПРД та у її основі з двох сторін [91]. Іншим методом корекції ПРД є метод «flare–buster»: після виконання основного етапу MIRPE між ранами формується тунель, що проходить над найбільш випнутими ділянками реберних дуг; проводиться пучок ниток, що під натягом прив'язується до обох кінців коригувальної пластини, фіксуючи реберні дуги у фізіологічному положенні [100].

Досить маловживаними способами корекції ЛДГК є способи передньої фіксації, результати використання яких опубліковані в останні роки. Вперше спосіб передньої фіксації використовувався із розташуванням пластини ідентично до операції Abramson; після проведення пластини виконується її фіксація до грудини кортикальним гвинтом із субксіфоїдального розрізу із попередньою мобілізацією задньої стінки грудини; за наявності значного натягу виконували множинна хондротомії ребер та поперечну стернотомію. Методика започаткована вітчизняним автором (Шульга Д.І., 2009) [157]. Варіантом передньої пластики є спосіб «підшкірного підвішування грудини («Subcutaneous Sternal Suspension») [62]. Дане втручання має наступні етапи: із субксіфоїдального доступа формують підм'язевий тунель для пластини, проводять ретростернальну пальцеву дисекцію; стисненням грудної клітки та тракцією за нижню третину грудини вперед викликають переломи по типу «зеленої гілки» у ребрах та грудині; проводять пластину у сформований підм'язевий тунель та фіксують її дротяними лігатурами до ребер та грудини. Методика використана у пацієнтів 4–10 років. Ще одним варіантом передньої фіксації є таулінопластика (похідне від назви університету, де була впроваджена), що передбачає підшкірне введення через поперечний розріз шкіри у проекції верхівки деформації широкої коригувальної пластини з опорою на ребра по краях деформації; дана коригувальна пластина кортикальними гвинтами фіксується до грудини, що приводить грудину в фізіологічне положення. Цей метод особливо

варто брати до уваги при плануванні хірургічних втручань хворим із рецидивом ЛДГК та пацієнтам, які мали попередню повздожню стернотомію [91].

Важливою темою у дослідженнях є лікування та профілактика післяопераційного болю. Частина дослідників рекомендує використовувати ESP-блок для виконання операції біпувакаїном на ліпосомах або нановолокнах [32,61], що зменшує використання наркотичних знеболюючих препаратів та час перебування у стаціонарі. Поширеною є техніка використання ESP-блока із подовженою катетеризацією, що дозволяє зменшити дозування наркотичних препаратів для знеболення [1,55,79]. Рідким варіантом післяопераційного знеболення є епідуральна аналгезія, яка є досить ефективною [88]. Іноваційним методом знеболення у післяопераційному періоді є нанесення анестетичного засобу на коригувальну пластину із використанням нанотехнологій – наразі лише розпочато вивчення даного способу [73]. Найбільш ефективною методикою післяопераційного знеболення при MIRPE є використання торакоскопічної кріоабляції міжреберних нервів. Цей метод дозволяє знизити час перебування пацієнта у стаціонарі, значно знижує кількість використаних опіоїдів, завоював багато прихильників [11,44,70,71,129,133,135]. Частина дослідників визначає певні недоліки даного методу, серед яких: вища частота післяопераційних пневмоній [14]; виразне збільшення вартості операції та випадки затримки сечі [83], тривалий невропатичний біль [148]. Тому Chidambaran, 2022[17] ратує за проведення системних оглядів результатів застосування даного методу утриматися від його широкого використання.

1.2. Використання ВД у лікуванні ЛДГК.

Вакуум для підняття запалої грудини був вперше використаний понад століття тому (1910). Винахідниками цього методу були педіатр Льюїс Шпіц та ортопед Фріц Ланге [116]. Задовільних результатів не було, т.я. використовувалися скляні вакуумні камери, тому розвиток консервативного лікування ЛДГК зупинився. У 2003 році німецьким інженером Екарт Клобе налагоджений випуск силіконового ВД [47].

Терапія ЛДГК може бути використана у пацієнтів будь-якого віку [18,19,46, 47,49,77,78,90,116,124]. Для її успіху потрібне дотримання двох головних умов: достатня площа для розміщення ВД та достатня еластичність передньої грудної клітки [50,51,93]. Дана методика має найвищу прогнозовану ефективність серед пацієнтів віком до 12 років із 1-2 ступенями ЛДГК (глибиною до 30 мм) та достатньою податливістю грудної стінки [7, 18,19, 64].

Перший значний досвід лікування із використанням ВД був представлений Schier, Bahr, Klobe у 2005 році [47] - серед 60 пацієнтів у 12 за 5 місяців лікування була зареєстрована повна корекція ЛДГК та у решти пацієнтів – позитивна динаміка.

У 2006 р. Haecker, Maug [49] за результатами лікування 64 пацієнтів установили, що стабільне зменшення глибини деформації понад 15 мм досягнуте у 79% випадків за три місяці систематичного лікування, у тому числі при асиметричних формах ЛДГК.

На теперішній час не існує консенсусу щодо часу та кратності аплікації ВД впродовж доби: він варіює від 30 хвилин двічі на добу [93] до чотирьох годин на добу [116] і аж до до 6-8 годин на добу і більше [51]; час аплікації ВД може бути поділений на дві частини впродовж доби або використовується один раз на добу. Спостереження Lopez (2016) [77] свідчать, що кращі результати можна отримати за тривалості лікування у вакуумному дзвоні 4 або більше годин на добу. Разом із тим, Obermeyer (2018) [77], проводячи у своєму дослідженні поступове збільшення часу аплікації ВД від 30 до 120 хвилин двічі на день, виявив, що щоденне використання понад 60 хвилин на добу не приводить до покращенням результатів.

Загальна тривалість лікування у ВД теж різна: частина авторів рекомендують продовжувати лікування щонайменше рік, частина – два і більше років. Час, необхідний для повної корекції ЛДГК (залишкова глибина деформації менша 1 см), є різним у різних дослідженнях. Так, за даними Lopez et al. [77], корекція досягається за у середньому за 6 місяців (від 5 до 18 місяців); відповідно до даних, отриманих у 2016 р. Haecker і Sesia, 2016 [50] за результатами лікування 434 пацієнтів, у пацієнтів віком до 12 років, симетричною ЛДГК (глибина < 3 см) із податливою грудною стінкою тривалість лікування становила 12-15 місяців;

натомість у підлітків із помірною ЛДГК (глибина > 3 см) і менш еластичною грудною стінкою тривалість лікування склала 24-36 місяців.

Крім того, не існує чітких критеріїв рівня негативного тиску, що використовується під час лікування у ВД; згідно із даними, поданими у дослідженнях, він складає від 20-40 мбар до 150 мбар [50,116] або поступово збільшується [93].

У своєму дослідженні, вивчаючи вплив збільшення модуля негативного тиску на результати лікування, Obermeyer [93], дотримувалися правила поступового підвищення тиску (етап I: 20-50 мбар, II: 51-70, III: 71-130, IV>131). Він показав, що посилення вакуумування (стадія III або IV) не призводить до покращенням результатів. Наескер [50] відзначив кореляцію між віком і тиском, встановивши, що у молодших пацієнтів можна використовувати менші рівні вакуумування для отримання повної корекції.

Через наявність різних варіантів ЛДГК не завжди стандартні моделі ВД дозволяють ефективно проводити корекцію. Кастомізація ВД прогресувала від збільшення кількості моделей [13] до виготовлення індивідуального ВД для кожного конкретного пацієнта із врахуванням його характерних особливостей деформації грудної клітки із використанням 3D – сканування та 3D-принту [25]. Результати лікування у індивідуалізованих ВД мають, згідно із отриманими даними, кращі функціональні та естетичні результати.

Оцінка ефективності лікування у ВД проводиться традиційно у більшості випадків вимірюванням їїт глибини на вдиху [25]. Натомість, пізніші розробки [118] дають можливість проводити таке дослідження безпосередньо під час виконання аплікації ВД: використовуються три датчики оптичної триангуляції, що оцінюють зміну поверхні грудної стінки під час вакуумування, а для вимірювання негативного тиску використовують датчик тиску на основі ефекту п'єзорезистивного містка. Інформація, отримана із цих датчиків, програмно обробляється, встановлюється залежність між рівнем вакуумування та підйомом грудної стінки, що дає можливість оптимізувати лікування.

Для покращення ефективності консервативного лікування вакуумний вплив на передню грудну стінку повинен бути доповнений, згідно даними багатьох експертів

(Lopez, Schier, Haecker) фізіотерапією. У роботі, виконаній Alasa (2020) [4], проведений аналіз впливу кардіопульмональної та мускулоскелетної фізіотерапії за Canavan and Cahalin. Отримані результати свідчать вищу ефективність корекції серед пацієнтів, кому така терапія проводилася у порівнянні із пацієнтами, які її не отримали.

ВД як засіб лікування застосовується при рідких варіантах травми грудної клітки: Sesia [117] успішно використав його при лікуванні ізольованого перелому тіла грудини у 8-річного пацієнта, а Clermidy [18] описав випадок успішного лікування вторинної післятравматичної ЛДГК у жінки 59 років.

У проаналізованій літературі знайдено лише одне дослідження щодо впливу лікування у ВД на подальше хірургічне лікування [85]; воно свідчить про те, що вплив на об'єм операції мізерний.

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика пацієнтів

Дослідження виконано на основі аналізу результатів обстеження та лікування 261 пацієнта із ЛДГК, яким проводилося консервативне та хірургічне лікування, серед них 163 проводилося консервативне лікування, а 110 пацієнтам виконане хірургічне втручання (12 із них – після неефективного консервативного лікування). Лікування відбувалося на базі КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної з 2018 по 2023 рр .

2.1.1 Загальна характеристика пацієнтів у групі консервативного лікування

Серед пацієнтів, яким проводилося консервативне лікування, визначений наступний розподіл за ступенем ЛДГК: I ступінь – 44 пацієнти (27,0%); II– 103 (63,2%); III– 16(9,8%). Розподіл за віком: 5-8 рр.- 38 (23,31%) осіб; 9-12 рр.- 71 (43,56%) особа; 13-16 рр.- 40 (24,54%) осіб; 17 р.- 14 (8,59%) осіб; розподіл пацієнтів за статтю: чоловіча -118(72,4%), жіноча – 45(27,6%). Із дослідження виключені пацієнти, які припинили звертатися на контрольні огляди у процесі лікування– 36 осіб. Загалом із дослідження виключено 98 осіб, а включено – 163.

Проведене розділення пацієнтів за ступенями ЛДГК у вікових групах. Так, у групі пацієнтів 5-8 рр. встановлено: I ступінь - 12 випадків (31,58%), II ступінь - 18(47,37%), III ступінь – 8(21,05%); у групі пацієнтів 9-12 рр.: I ступінь - 20(28,17%), II ступінь - 46(64,79%), III ступінь – 5(7,04%); у групі пацієнтів 13-16 рр.: I ступінь - 7(17,50%), II ступінь - 30(75,00%); III ступінь – 3(7,50%); у групі пацієнтів 17-18 рр.: I ступінь - 5(31,25%), II ступінь - 9(56,25%); III ступінь – 0(0,0%).

Критерії включення у дослідження: вік пацієнтів 5– 7 рр.; основний діагноз– ЛДГК; лікування проводилося на базі КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради;

Критерії виключення із дослідження: вік пацієнтів до 5 років та 18 і більше років; наявність протипоказань (гемодинамічно значущі вади серця, деякі порушення ритму серця, порушення системи згортання крові, недосконалий

остеогенез та інші хвороби, що характеризуються надмірною ламкістю кісток); наявність хвороб та станів, що значно обтяжують використання вакуумного дзвону; різка асиметрія ЛДГК; поганий комплаєнс; близьке розташування молочних залоз у дівчат (менше 7 см), що унеможлиблює установку ВД; відмова пацієнта від консервативного лікування на користь хірургічного.

Лікування вважали ефективним, якщо після його завершення ЛДГК була скоригована (залишкова западина ≤ 10 мм) чи приведена до першого ступеня при вихідній деформації третього ступеня.

Виділені дві групи пацієнтів за результатами лікування: група із позитивним результатом (ефективне лікування) та негативним (неефективне лікування). Група із негативним результатом лікування складала 34 пацієнти (20,86%); група пацієнтів із позитивним результатом лікування – 129 (79,14 %). Із метою прогнозування незадовільного результату та вчасного припинення консервативного лікування із зміною тактики на користь хірургічної проведено порівняння ефективності лікування у двох цих групах у терміни 4 та 6 місяців від початку лікування.

2.1.2 Загальна характеристика пацієнтів у групі хірургічного лікування

Серед пацієнтів, яким проводилося хірургічне лікування, визначений наступний розподіл за анатомічними варіантами деформації згідно із розширеною класифікацією Park (у класифікацію внесений розділ про у типи ДФРД): тип ІА із двобічною ПРД - 8(7,3%) випадків; ІА із двобічною ДРД - 9(8,2%); ІА із двобічною КДФРД - 11(10,0%); ІВ без ДФРД - 5(4,6%); ІВ із двобічною ДРД - 3(2,7%); ІВ із однібічною ДРД - 4(3,6,7%); ІА1 із однібічною КДФРД- 4(3,6%); ІА1 із однібічною ДРД - 6(5,5%); ІА1 без ДФРД - 4(3,6%); ІА2 із однібічною ДРД - 3(2,7%); ІА2 із однібічною КДФРД - 3(2,7%); ІА3 із двобічною ДРД - 2(1,8%); ІА3 із двобічною КДФРД - 3(2,7%); ІА3 із однібічною ПРД - 2(1,7%); ІА3 без ДФРД - 2(1,7%); ІВ із однібічною ДРД - 15(13,6%); ІА3 із однібічною ДРД - 8(7,3%); ІА3 із однібічною КДФРД - 3(2,72%).

Пацієнти із хірургічним лікуванням розділені на дві групи за типами ЛДГК згідно розширеної класифікації Park: із анатомічними варіантами ЛДГК, при яких не відзначені післяопераційні деформації грудної клітки (перша група) - 26 пацієнтів (23,6%) та із варіантами ЛДГК, при яких такі деформації залишалися (друга група) -

84(76,4%). Друга група пацієнтів, у свою чергу, поділена на дві частини: пацієнти, які прооперовані за базовою технікою Nuss - 26(30,95%) осіб; та пацієнти, які прооперовані за адаптованими під кожен анатомічний тип ЛДГК варіантом MIRPE – між цими групами пацієнтів проведений порівняльний аналіз результатів лікування щодо наявності залишкових деформацій грудної клітки.

Критерії включення у дослідження: вік пацієнтів 6–17 років; основний діагноз – ЛДГК II – III ступенів; лікування проведене на базі КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради.

Критерії виключення із дослідження: вік пацієнтів менше 6 та старше 18 років; супутні вади розвитку серця, що потребували б хірургічного втручання із торакотомією.

Основними змінними було обрано вік пацієнтів на момент початку лікування, ступінь ЛДГК та її тип за класифікацією Park, метод лікування, виникнення рецидивів після проведеного лікування, кількість та тяжкість ускладнень, наявність та відсутність залишкових та вторинних деформацій грудної клітки та ризик їх виникнення; розміри та кількість коригувальних пластин, взаємне розташування множинних пластин, еластичність грудної стінки, рівень негативного тиску у ВД; СК, що потрібна для виведення грудної стінки у фізіологічне положення; фактори, що можуть вплинути на результат лікування, безпекові фактори при проведенні MIRPE.

Допоміжними змінними обрали комплаєнс при консервативному лікуванні; наявність важкої супутньої патології.

Результати лікування пацієнтів оцінювали по повноті корекції ЛДГК, наявності чи відсутності ускладнень лікування та рецидиву, залишкових чи вторинних деформацій грудної клітки.

Дане дослідження схвалене комісією з питань етики НМАПО імені П.Л. Шупика (протокол №4 від 01.03. 2021). Дослідження проводили у відповідності з принципами Хельсінгської декларації та рекомендацій Міжнародної ради з гармонізації належної клінічної практики. На проведення дослідження було отримано поінформовану згоду батьків пацієнтів.

2.2. Клінічні та інструментальні методи обстеження

2.2.1 Вимірювання глибини ЛДГК

Для пацієнтів у групі консервативного лікування виконувалася програма обстежень із метою виключення протипоказань, що включала у себе електрокардіографію (холтерівське моніторування); ехокардіографію; лабораторні тести для оцінки системи згортання крові (час згортання, тривалість кровотечі, тромбоцити, за показаннями - коагулограма); консультації суміжних спеціалістів при потребі (кардіолог, гематолог), за показаннями - дообстеження. Усім пацієнтам проводилось загальноклінічне обстеження. Виконувалось вимірювання глибини ЛДГК до початку лікування та у процесі лікування за Кондрашиним Н.М. (1968) кожні два місяці. Згідно із нею визначався ступінь деформації: I ступінь (компенсований) – глибина деформації від 1 до 2 см; II ступінь (субкомпенсований) - від 2 до 4 см; III ступінь (декомпенсований)– понад 4 см (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Вимірювання глибини ЛДГК. Пацієнт 9 років .

2.2.2 Вимірювання тиску у вакуумній камері ВД

Тиск, що використовувався під час лікування у ВД, залежав від етапу лікування та віку пацієнта – чим старший пацієнт і чим довше лікується, тим більший рівень негативного тиску використовувався при лікуванні: так , у пацієнтів 6-9 рр. на початку лікування він складав 70 мбар, а у пацієнтів віком понад 15 рр. він у кінці лікування міг складати і до 350 мбар. Для вимірювання тиску у вакуумній камері ВД використані в усіх пацієнтів вакуумметри із ціною поділки у 20 мбар та шкалою до 1000 мбар. Поступове збільшення модуля негативного тиску у процесі лікування та різний рівень негативного тиску в різних вікових групах диктував необхідність використання вакууметрів із вказаними параметрами роботи.

Використовувався робочий та еталонний вакуумметр для звірки результатів вимірювання тиску (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Вакуумметри, що використовувалися у роботі.

Шкала до 1000 мбар, ціна поділки– 20 мбар.

2.2.3 Рентгенологічні методи дослідження

Для встановлення ступеня деформації виконувалися рентгенологічні дослідження, а саме: бокова рентгенографія грудної клітки та нативна комп'ютерна томографія грудної клітки (НКТГК).

При симетричних формах середнього ступеня важкості рентгенологічне обстеження обмежувалося боковою рентгенографією грудної клітки, при локальних формах використовувалася однозрізова НКТГК на рівні найглибшої точки деформації, що дозволяло зменшити променеве навантаження; а при важкому ступені ЛДГК та поширених її формах використовувалася повноцінна багатозрізова НКТГК.

При проведенні бокової рентгенографії грудної клітки ступінь ЛДГК визначався індекс Гіжицької за формулою: $ІГ = A/B$, де **A**- найменша відстань між задньою поверхнею груднини та передньою поверхнею хребців, а **B**- відстань між оптимальною позицією задньої стінки груднини та передньою поверхнею хребта (рис. 2.3).

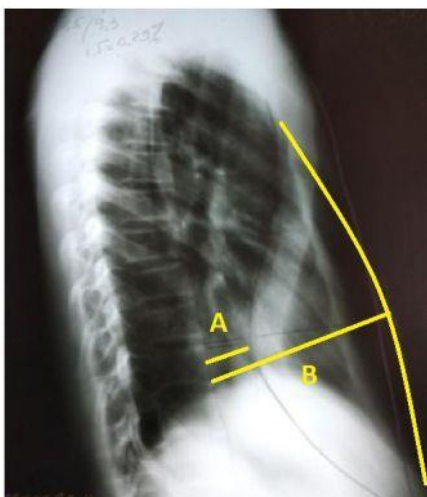


Рис. 2.3 Визначення індексу Гіжицької. Пацієнт 14 років, $IG = 0,25$.

Інтерпретація індексу Гіжицької використана наступна: понад 0,9 - норма; 0,7–0,9 - I ступінь; 0,5-0,7 - II ступінь; менше 0,5 - III ступінь ЛДГК.

Мультиспіральна НКТГК використовувалася у більшості пацієнтів із ЛДГК, яким планувалося хірургічне втручання.

Визначалися наступні показники:

А) Індекс Галера (Haller Index, HI)- співвідношення відстані між найбільш віддаленими точками внутрішньої поверхні грудної клітки та відстані між найглибшою точкою задньої поверхні грудини та передньою поверхнею тіла хребця. На рис. 2.4 зображені два приклади розрахунку індекса Галера при різних типах ЛДГК .

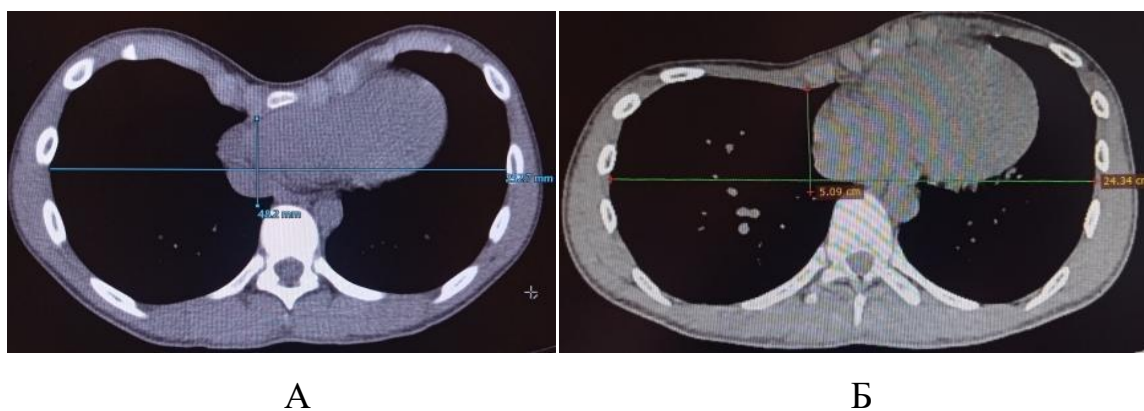


Рис. 2.4 Визначення індексу Галера

А- локальний симетричний тип деформації, $HI = 5,24$, III ступінь ЛДГК

Б- асиметричний незбалансований тип деформації, $HI = 4,78$, II ступінь ЛДГК

Найбільш доцільним є використання ІГ при симетричних типах ЛДГК, показник понад 3,25 є показанням до хірургічного чи консервативного лікування. Даний показник є найбільш поширеним та об'єктивним при встановленні показань до лікування ЛДГК. Ступені ЛДГК за індексом Галера визначаються таким чином: I ступінь – 3,0 - 3,9; II ступінь – 4,0 - 4,9; III ступінь– 5,0 - 5,9; IV ступінь - 6 та більше.

Б) Індекс стиснення (Depression Index) є аналогом оберненого індексу Гіжицької; є відношенням між відрізком, що з'єднує передню поверхню тіла хребця та уявну лінію скоригованої грудної стінки та відрізком, що з'єднує внутрішню поверхню тіла грудини та передню поверхню тіла хребця (рис. 2.5).



Рис. 2.5 Визначення індексу стиснення

Даний показник доцільно визначати при симетричних формах ЛДГК, так як нарівні з індексом Галера дозволяє точно визначити показання до хірургічної корекції ЛДГК: якщо даний індекс більше 2, то наявні показання до корекції.

В) Індекс асиметричності (Asymmetry Index) – співвідношення між максимальним передньозаднім розміром правої та лівої плевральних порожнин. Даний показник застосовується до всіх асиметричних форм ЛДГК і дозволяє з'ясувати справжнє значення асиметрії грудної клітки у пацієнта. Практичне значення даного показника – контроль ефективності хірургічного втручання при асиметричних формах ЛДГК. Приклад визначення індексу асиметрії наведений на рис.2.6.

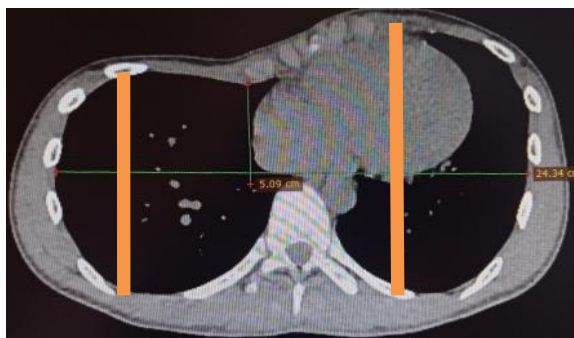


Рис. 2.6 Визначення індексу асиметрії у пацієнта 14 років із асиметричним незбалансованим типом ЛДГК. Індекс асиметрії = 1,23

Г) Індекс ексцентричності (Eccentricity Index) – співвідношення між відрізками, що проведені через найвіддаленіші латеральні точки плевральних порожнин перпендикулярно до лінії, що проведена сагітально через найглибшу точку ЛДГК (рис. 2.7).

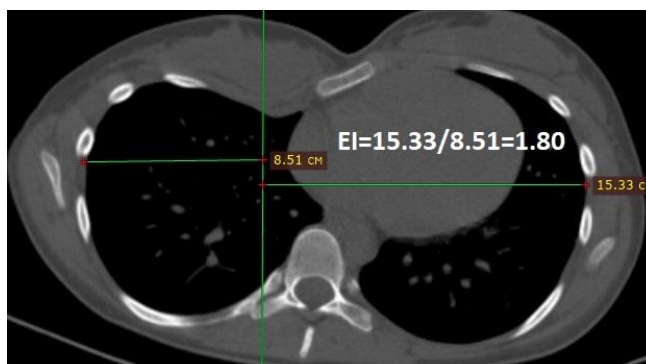


Рис. 2.7 Визначення індексу ексцентричності у пацієнтки 17 років із локальним ексцентричним типом ЛДГК .

Даний показник застосовується при асиметричних формах ЛДГК та допомагає у модифікації коригувальної пластини за системою TERCOM.

Д) Індекс неслабансованості (Unbalance Index)- співвідношення між кутами, що утворюються променями, проведеними через точку максимального западання грудної клітки і далі праворуч і ліворуч по краю скелета грудної клітки та перпендикуляром, проведеним до цієї точки. Індекс застосовується до асиметричних типів деформації грудної клітки. Даний індекс дозволяє підготувати форму пластини за системою TERCOM та контролювати ефективність операції (рис. 2.8).

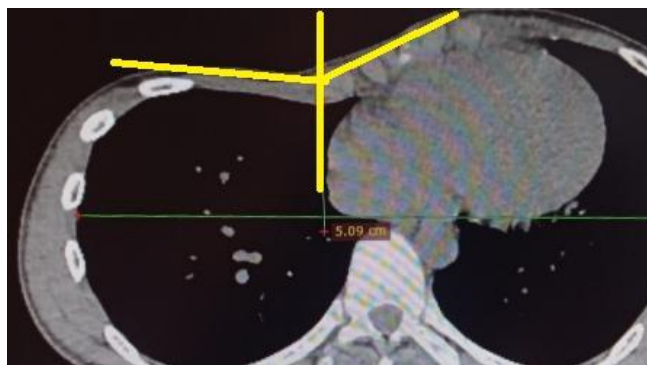


Рис. 2.8 Визначення індексу незбалансованості при асиметричному незбалансованому типі ЛДГК ; індекс незбалансованості = 1,84 .

2.3 Визначення фізичних показників роботи та надійності арки-пластини

Дана частина дослідження розділена на дві задачі: визначення міцності та визначення жорсткості коригувальної пластини як суцільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями.

2.3.1 Визначення міцності коригувальної конструкції

У дослідженні визначення міцності коригувальної конструкції є визначенням коефіцієнту запасу міцності (КЗМ) (відношення граничного навантаження до розрахункового навантаження) по границі плинності використаного матеріалу; для титану даний показник складає $\sigma_T = 840 \text{ МПа}$. Коефіцієнт запасу міцності визначався за формулою:

$$k = \frac{\sigma_T}{\sigma} = \frac{M_T}{M} = \frac{\sigma_T \cdot W_x}{M}$$

Де M – значення діючого згинаючого моменту в досліджуваному перерізі, що визначається розрахунком внутрішніх сил;

W_x - момент опору поперечного перерізу при згинанні, процес обрахунку якого для прямокутного перерізу.

Даний показник визначався за формулою:

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Де b - ширина пластини; h – висота пластини

Проведене вимірювання висоти (H) та ширини арки (L) для пластин довжиною 280, 300, 320, 340 та 360 мм- по 5 пластин кожного із вказаних варіантів довжини.

Обчислені співвідношення H/L для кожної пластини та середнє значення для кожного варіанту розміру.

Максимальний згинаючий момент виникає в точці прикладання сили P (верхівка цільнометалевої арки із жорстко фіксованими кінцями) і може бути визначений при проведенні розрахунків за наступною формулою:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L$$

2.3.2 Визначення жорсткості коригувальної конструкції

Визначення максимального прогину суцільнометалевої арки–пластини із жорстко зафіксованими кінцями у точці прикладання сили (на верхівці кривизни арки). Обчислення згинальної жорсткості пластини-арки проведені за формулою:

$$E \cdot I_x = E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Де E - модуль пружності матеріалу арки; для титану складає 112000 МПа.

Для пластини перерізом 12·2,2; 15·2,2 та 17·2,2 цей показник склав 1,192; 1,490 та 1,690 відповідно.

Розрахунок прогину цільнометалевої арки–пластини із жорстко закріпленими кінцями проведений за формулою:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

Під час інтраопераційної тракції грудної стінки проведене вимірювання сили, необхідної для виведення груднини у фізіологічне положення (сила корекції (СК), P) у 43 пацієнтів. За віком пацієнти розділені на три групи: 9–11 рр. (5 пацієнтів); 12–14 рр. (15 пацієнтів) та 15–17 рр. (23 пацієнти). Для кожної вікових із груп брався у подальших розрахунках прогину пластини максимальний показник СК.

Проведений розрахунок прогину пластин у віковій групі 9–11 років для пластин розміром 280·12·2,2 та 300·12·2,2 мм; для групи пацієнтів 12–14 рр. - пластин 300·12·2,2; 320·12·2,2 та 340·12·2,2; 340·15·2,2 мм; а для пацієнтів 15–17 років- пластин 340·12·2,2; 340·15·2,2; 340·17·2,2; 360·12·2,2; 360·15·2,2; 360·17·2,2 мм. Крім того, проведений аналогічний розрахунок для двох пластин із перехресним ходом для групи пацієнтів 15–17 років 340·12·2,2; 340·15·2,2; 360·12·2,2; 360·15·2,2.

2.4 Власні наукові розробки

На сьогодні існує кілька класифікацій ЛДГК, найбільш придатною до хірургічного лікування є анатомічна класифікація Park, що прийнята у даному дослідженні за основу. Однак, вона не забезпечує повного охоплення усіх проявів ЛДГК, а саме - не містить дані про супутні ДФРД та сторону асиметрії. Нами розроблене вдосконалення класифікації Park - у неї внесені ДФРД та сторона асиметрії, що зустрічалися при кожному із варіантів деформації.

Розширена класифікація Park:

- *Симетричний класичний (IA)*
 - А) із двобічною ПРД;
 - Б) із двобічною ДРД;
 - В) із двобічною КДФРД;
 - Г) без ДФРД.
- *Симетричний широкий плаский (IB):*
 - А) із однобічною ДРД (справа або зліва);
 - Б) із двобічною ДРД;
 - В) без ДФРД.
- *Асиметричний ексцентричний локальний (IIA1) (сторона асиметрії справа чи зліва):*
 - А) із однобічною ДРД (справа або зліва);
 - Б) із однобічною КДФРД (справа або зліва).
- *Асиметричний ексцентричний широкий плаский (IIA 2) (сторона асиметрії справа чи зліва):*
 - А) із однобічною ДРД (справа або зліва);
 - Б) із однобічною КДФРД (справа або зліва).
- *Асиметричний ексцентричний довгий глибокий , «Grand Canyon» (IIA 3) (сторона асиметрії справа чи зліва):*
 - А) із однобічною ПРД (справа або зліва);
 - Б) із однобічною ДРД (справа або зліва);
 - В) із двобічною ДРД;
 - В) із двобічною КДФРД;
 - Г) без ДФРД.
- *Асиметричний незбалансований (IIB) (сторона асиметрії справа чи зліва) із однобічною ДРД (справа або зліва);*
- *Асиметричний комбінований тип (IIC) (сторона асиметрії справа чи зліва):*
 - А) із однобічною ДРД (справа або зліва);
 - Б) із однобічною КДФРД (справа або зліва).

Розроблена лінійка вакуумних дзвонів із силікону різної жорсткості для різних вікових груп.
 Розроблений спосіб фіксації коригувальної пластини до ребер лавсановою тасьмою сууюкісно.
 Розроблений власний дизайн коригувальної пластини
 Розроблена система заходів безпеки при виконанні MIRPE, у тому числі – авторські заходи.
 Розроблені способи похилого розташування коригувальних пластин, «важільна техніка» при хірургічній корекції комбінованого типу ЛДГК.

2.5 Статистична обробка даних

У роботі як базовий використано критерій Краскела-Уоллеса, що є ранговим критерієм та представляє собою модифікацію U критерію Манна-Уїтні для випадку, коли необхідно порівняти більше ніж 2 незалежні вибірки експериментальних значень (для двох незалежних вибірок його також допустимо застосовувати). Для того, щоб визначити наявність відмінностей у вибірки за рівнем досліджуваної ознаки, спочатку виконують загальне ранжування всіх даних. Далі обчислюється сума визначених рангів у кожній з вибірок і після чого остаточно розраховується коефіцієнт критерію.

$$H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \cdot \sum_{j=1}^c \frac{T_j^2}{n_j} \right] - 3(N+1)$$

У формулі літерою **H** позначено коефіцієнт критерія Краскела-Уоллеса; **N** – загальна кількість спостережень в усіх вибірках; **c** – кількість усіх вибірок, що досліджуються; **T_j** – сума визначених рангів у кожній з вибірок; **n_j** – кількість спостережень у кожній з вибірок.

Останнім кроком є визначення кількості ступенів свободи **df = c – 1** та оцінка значення **p** за довірчими інтервалами. Саме завдяки цьому параметру **p** дозволяється приймати або відкидати нульову чи альтернативну статистичні гіпотези: за умови **p > 0,05** нульова гіпотеза про відсутність відмінностей між групами значень не відхиляється; якщо ж **p < 0,05**, то нульова гіпотеза відхиляється і приймається альтернативна гіпотеза про існування таких відмінностей.

Для обробки отриманих даних використана R, що є спеціалізованим програмним інструментом, призначеним для виконання статистичних розрахунків. За його допомогою достатньо зручно обробляти великі масиви даних та створювати на їх основі спеціалізовані графіки. Загалом цей програмний засіб представляє

собою систему, яка складається з двох важливих частин: власне мови програмування R та спеціального програмного середовища (run-time environment), що інтерпретує написані команди та надсилає вказівки процесору на їх виконання.

Вибір такого засобу для опрацювання матеріалів цього дослідження пов'язано з рядом причин. Відповідно до останніх даних рейтингу мов програмування TIOBE (липень 2024) мова програмування R посідає 22 місце серед усіх мов програмування. Наявна достатня кількість матеріалів, пов'язаних з використанням цього програмного забезпечення для опрацювання статистичної інформації в різних медичних кейсах. Ще однією перевагою вибраного програмного забезпечення є те, що воно поширюється як застосунок з відкритим програмним кодом та для нього створено велика кількість бібліотек, що допомагають вирішувати конкретні задачі.

Досить спрощує роботу з мовою програмування R використання IDE Rstudio, яка надає змогу автоматизувати набір значної кількості команд. Зазначене інтегроване середовище розробки також є вільнопоширюваним і розробляється на основі ліцензії GNU GPL.

РОЗДІЛ 3

ВИКОРИСТАННЯ ВД У ЛІКУВАННІ ЛДГК

Лікування ЛДГК у дітей за останні десятиліття усе більше схиляється від більш травматичних до менш травматичних методик - аж до виключно консервативного лікування.

3.1 Терапія у ВД як самостійний метод лікування ЛДГК у дітей.

Консервативне лікування ЛДГК із використанням ВД проводилось у наступних категорій пацієнтів:

1. Діти від 5 до 12 р. із I-III ступенем деформації .
2. Пацієнти 13-15 рр. із I та II ступенем деформації.
3. Діти 16-17 рр. із індексом Ріссера до 4 із I та II ступенем ЛДГК.
4. Пацієнти, які відмовилися від хірургічного лікування.
5. Діти із післяопераційним рецидивом ЛДГК.
6. Пацієнти, які перенесли повздожню стернотомію

Протипоказаннями до консервативного лікування ЛДГК вважали наступні фактори:

1. Деякі порушення ритму серця.
2. Гемодинамічно значущі вади серця.
3. Порушення системи згортання крові, тромбоцитопенія, васкуліти.
4. Хвороби, що характеризуються надмірною ламкістю кісток.
5. Прогнозовано поганий комплаєнс (20-25% пацієнтів відмовляються від лікування через 3-4 місяці).
6. Близьке розташування молочних залоз у дівчат.
7. Різка асиметрія ЛДГК.
8. Наявність хвороб та станів, що різко обтяжують використання ВД.

Виключення протипоказань шляхом проведення наступних обстежень:

1. Електрокардіографія (холтерівське моніторування за показаннями).
2. Ехокардіографія .

3. Визначення часу згортання, тривалості кровотечі, рівня тромбоцитів, коагулограми.

4. Консультації суміжних спеціалістів за показаннями (дитячий кардіолог, дитячий гематолог), при потребі – інші обстеження.

5. Збір анамнезу та проведення загальноклінічного обстеження.

Встановлене поняття «оптимальний пацієнт» для лікування ЛДГК у ВД:

1. Вік пацієнта на початок лікування молодший, ніж до завершення періоду статевого дозрівання, найкраще – до 12 років.

2. Відносно невелика глибина деформації, оптимально – до 30 мм.

3. Симетричні форми ЛДГК.

4. Еластична, не ригідна деформація.

5. Прогнозовано хороший комплаєнс.

Вибір розміру ВД.

1. Орієнтовний діаметр ВД - відстань між сосками .

2. Основа ВД має опиратися на ті ділянки грудної стінки, що не залучені у ЛДГК (край ВД заходить на 2 см латеральніше краю ЛДГК) (рис. 3.1).

3. Соскі повинні бути розташовані поза зоною аплікації ВД або бути у зоні прилягання його до шкіри (рис. 3.2).

4. “Дівочий” варіант ВД можна рекомендувати лише після примірювання із тим, щоб у зону вакуумування не потрапляли молочні залози (рис. 3.3).



Рис. 3.1 Правильне розташування вакуумного дзвону



Рис. 3.2 Соски знаходяться у зоні прилягання ВД до шкіри або поза зоною його аплікації



Рис.3.3. Молочні залози знаходяться поза ВД

Лікування у ВД вимагає дотримання методики терапії із відповідним рівнем тиску в різних вікових групах та збільшенням його модуля у процесі лікування. Дотримання таких вимог запобігає виникненню гематом та втрати каркасності грудної стінки. Підходи до вакуумування під час лікування у ВД, що використовувалися у дослідженні, відображені у табл. 3.1. Для лікування у ВД має значення не тільки рівень негативного тиску, але й час аплікації та її кратність. Поступове збільшення часу аплікації та використання її двічі на добу щонайменше впродовж перших 5–6 місяців дає найкращі результати лікування; а використання загальної тривалості аплікації ВД впродовж доби більше, ніж на 4 години, не приводить до суттєвого збільшення ефективності лікування. Тривалість та кратність аплікації ВД відображені у табл. 3.2.

Таблиця 3.1

Тиск, що використовувався для лікування у ВД

<i>Вік пацієнта, років</i>	<i>Негативний тиск (-мбар) на початку лікування</i>	<i>Ліміт негативного тиску (-мбар)</i>
6 - 9	70 - 80	120
9 - 12	100	180
12 - 15	130	280
Понад 15	140	300

Таблиця 3.2

Тривалість та кратність аплікації ВД у процесі лікування

<i>Період лікування , тижні</i>	<i>Тривалість аплікації , хв</i>	<i>Кратність аплікації , разів на добу</i>
1-4	30	2
5	45	
6	60	
7	75	
8	90	
9	105	
10- 24 (28)	120	
Після 5- 6 місяців	4-8 годин («нічний режим»)	1

Правила та тривалість лікування у ВД, використані у дослідженні.

1. Набір негативного тиску повинен бути повільним, із паузами між натисненнями на грушу–насос по 20–30 секунд.
2. Центр вакуумної камери ВД при його аплікації повинен знаходитися над центром ЛДГК (її найглибшою точкою).
3. Використовували тиск згідно табл.1 на початку лікування, щомісяця коригуючи його на 20 мбар до досягнення ліміту негативного тиску (табл.1).
4. Тривалість лікування– від 2 до 3 років.
5. Час аплікації ВД поступово прогресивно збільшується у процесі лікування (табл.2) до досягнення двох годин двічі на добу.
6. Пацієнт, який лікується у ВД, повинен бути під регулярним лікарським наглядом. Кратність оглядів: перший огляд – на початку лікування; другий - через місяць; третій – через 2; у подальшому впродовж першого року лікування – щотримісяці; впродовж другого та третього року лікування – кожні чотири місяці. Під час контрольних оглядів проводиться перевірка правильності виконання призначень; за потреби коригується місце аплікації ВД та рівень тиску.

Оцінку ефективності консервативного лікування проводили шляхом вимірювання глибини деформації у процесі лікування із фіксацією результатів.

Використовували ВД вітчизняного виробництва власного дизайну різної щільності медичного силікону, різного розміру та форм: діаметром 120, 150, 180, 210 мм, овальний (120·90мм) та «дівочий» тип (рис. 3.4). На лінійку даних виробів отриманий Патент України на корисну модель № 154106 від 11.10.2023 р. Різна щільність матеріалу для виготовлення застосована для оптимізації лікування: медичний силікон більшої щільності витримує більший рівень розрідження, застосовується у старших пацієнтів і більших діаметрів ВД.



Рис. 3.4 Вакуумні дзвони різних діаметрів

Проведений аналіз результатів лікування пацієнтів. Віковий та статевий розподіл та розподіл за ступенем деформації відображені у табл. 3.3, 3.4, 3.5.

Таблиця 3.3

Розподіл пацієнтів за статтю

<i>Стать</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка, %</i>
Чоловіча	118	72,4
Жіноча	45	27,6
Разом	163	100,0

Таблиця 3.4

Розподіл пацієнтів за ступенем деформації .

<i>Ступінь деформації</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка, %</i>
I	44	27,0
II	103	63,2
III	16	9,8
Разом	163	100

Таблиця 3.5

Розподіл пацієнтів за віком .

<i>Вік пацієнта, років</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка, %</i>
<i>5-8</i>	<i>38</i>	<i>23,31</i>
<i>9-12</i>	<i>71</i>	<i>43,56</i>
<i>13-16</i>	<i>40</i>	<i>24,54</i>
<i>17</i>	<i>14</i>	<i>8,59</i>
<i>Разом</i>	<i>163</i>	<i>100,0</i>

Проаналізована кількість пацієнтів із різними ступенями ЛДГК у кожній віковій групі. Дані наведені у табл.6.

Таблиця 3.6

Розподіл пацієнтів із різними ступенями ЛДГК за віковими групами

<i>Вікова група</i>	<i>5-8 років</i>		<i>9-12 років</i>		<i>13-16 років</i>		<i>17-18 років</i>	
	<i>Кількість</i>	<i>Частка,%</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка,%</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка,%</i>	<i>Кількість</i>	<i>Частка,%</i>
<i>I ступінь</i>	12	31,58	20	28,17	7	17,50	5	31,25
<i>II ступінь</i>	18	47,37	46	64,79	30	75,00	9	56,25
<i>III ступінь</i>	8	21,05	5	7,04	3	7,50	0	0,00
<i>Разом</i>	38	100	71	100	40	100	16	100

Лікування у ВД не проводилося через наявність протипоказань у наступних випадках: порушення ритму серця - 2 пацієнти (синдром Вольфа– Паркінсона– Уайта – 1; суправентрикулярна тахікардія - 1; гемодинамічно значущі вади серця та магістральних судин – 3 випадки (стеноз легеневої артерії - 1;тетрада Фалло, стан після накладання анастомозу Блелока – 1; правобічна дуга аорти, поєднана із відкритою лівобічною артеріальною протокою - 1); остеопороз – 1 випадок; психічні та генетичні хвороби (синдром Дауна із порушенням когнітивних функцій та порушенням соціальної адаптації – 2 дитини); різка асиметрія ЛДГК – 15 випадків; близьке розташування молочних залоз у дівчат, що унеможлиблювали установку вакуумного дзвону – 2; прогнозовано поганий комплаєнс (виявлявся при співбесіді із пацієнтом та батьками – 16 пацієнтів); порушення системи згортання крові (ідіопатична тромбоцитопенічна пурпура – 1; хвороба Віллебранда - 1.

Таким чином, протипоказання виявлені у 62 пацієнтів, що становить 24,12 % від усіх пацієнтів, яким лікування у ВД могло бути запропоноване.

Із дослідження виключені пацієнти, які припинили звертатися на контрольні огляди у процесі лікування – 36 осіб. Таким чином, загалом із дослідження

виключено 98 осіб, а включено – 163.

Лікування вважали ефективним, якщо після його завершення ЛДГК була скоригована чи приведена до першого ступеня при вихідній ЛДГК третього ступеня. Результати лікування відображені у табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Ефективність консервативного лікування серед різних вікових груп у залежності від ступеня ЛДГК

Вікова група	5-8 років		9-12 років		13-16 років		17 років	
	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %
I ступінь	12	100	19	95,00	6	85,71	4	80,00
II ступінь	16	88,89	39	84,78	17	56,67	5	55,56
III ступінь	7	87,50	3	60,00	1	33,33	-	-

Під час аналізу отриманих даних встановлено:

1. Перший ступінь ЛДГК ефективно лікується в усіх вікових групах у переважній більшості - 41(93,18%) випадок. Із збільшенням віку вірогідність успішного лікування зменшується від 100% у віковій групі 5-8 рр до 80% у віковій групі 17 рр.

2. Другий ступінь ЛДГК ефективно лікується у ВД у значної кількості пацієнтів, і також залежить від віку пацієнта: при збільшенні віку частка пацієнтів, у яких лікування виявилось ефективним, зменшується і складає 88,89% серед пацієнтів 5-8 рр. та 44,44% у пацієнтів 17 рр.

3. Третій ступінь ЛДГК ефективно піддається лікуванню лише у групі 5-8 рр. (87,50%); у старших вікових групах ефективність лікування прогресивно зменшується: 60,00% у групі 9-12 рр. та у 33,33% серед пацієнтів 13-16 рр.

4. Консервативне лікування у пацієнтів із III ступенем ЛДГК віком 17 років не проводилося.

5. Лікування виявилось ефективним у 129 випадках, що склало 79,14%.

Під час проведення лікування зареєстрована значна кількість ускладнень, однак абсолютна їх більшість не стала причиною припинення лікування і усі вони були скороминучими. Серед них: гематоми та множинні (понад 5) петехіальні крововиливи – 7 (4,29%); епідермальні міхурці -1(0,61%); біль у грудній клітці та

спині – 114(69,94 %); парестезії у руках - 3(1,84%); подразнення (гіперчутливість) сосків - 2(1,23 %). Загальна кількість ускладнень – 127, спостерігалася у 97 пацієнтів (59,51%).

Не зареєстровані випадки втрати каркасності грудної клітки, що, очевидно, пов'язане із особливостями використаної методики лікування, а саме – повільного зменшення тиску у вакуумній камері ВД та поступового (на 20 мбар щомісяця) збільшення модуля тиску. Не зареєстровано також випадків гінекомастії.

Гематоми та множинні петехії лікувалися паузою у проведенні терапії у ВД на 3-7 днів, у середньому – 4,8 дня. Відновлення лікування розпочиналося із меншого на 20–40 мбар модуля тиску та чітким контролем за правильністю вакуумування. Рецидиву крововиливів не зареєстровано. Найвірогідніше, виникнення геморагічних ускладнень пов'язане із порушенням методики лікування.

Епідермальні міхурці зникли на 4 добу паузи у лікування самостійно. При відновленні лікування використаний модуль тиску на 40 мбар менший, ніж первинний. Рецидиву не відзначено.

Виникнення болю у грудній клітці та спині на початку лікування у ВД зареєстроване в усіх вікових групах і при усіх ступенях ЛДГК, поширеність його мало залежить від віку та ступеня деформації і складало від 60,00 до 77,78% (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Виникнення болю у грудній клітці та спині на початку лікування у ВД

Вікова група	5-8 років		9-12 років		13-16 років		17-18 років	
	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %
I ступінь	9	75,00	15	75,00	5	71,42	3	60,00
II ступінь	14	77,78	30	65,22	22	73,33	6	66,67
III ступінь	5	62,5	3	60,00	2	66,67	-	-

Тривалість больового синдрому у грудній клітці та спині оцінювалася при опитуванні пацієнтів на другій консультації (через місяць від початку лікування), становила від 1 до 7 днів (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Середня тривалість больового синдрому на початку лікування УВД, днів

<i>Вікова група</i>	<i>5-8 років</i>	<i>9-12 років</i>	<i>13-16 років</i>	<i>17-18 років</i>
<i>I ступінь</i>	2,7	3,0	3,1	3,0
<i>II ступінь</i>	3,1	3,1	3,2	3,3
<i>III ступінь</i>	3,2	3,9	4,0	-

Спостерігається невелика тенденція щодо збільшення тривалості больового синдрому у пацієнтів старшого віку та більшими ступенями ЛДГК (так, у пацієнтів 5-8 років тривалість больового синдрому склала 2,7 днів, а серед пацієнтів із III ступенем ЛДГК віком 13-16 років – 4,0 днів). У жодному із випадків не було потреби у використанні знеболюючих препаратів, за шкалою NRPS біль був оцінений як вкрай слабкий у 65 випадках (57,02%) та слабкий у 49 випадках (42,98%). Рецидивів больового синдрому не відзначено.

В усіх випадках парестезії у руках виникали на початку лікування (у перший день), були скороминучими і не продовжувалися після 4-го дня терапії.

Подразнення сосків, що відзначене у двох випадках, у одному випадку самостійно завершилося за 5 днів від початку лікування; у іншому випадку (дівчинка 11 років із третім ступенем деформації ПВ за Park) виникло на третьому місяці лікування, завдавало пацієнтці значного дискомфорту та вимусило відмовитися від ВД – дитині виконана модифікована операція Nuss.

3.2 Розробка методу прогнозування результату лікування ЛДГК у ВД

Проведена оцінка проміжних результатів лікування через 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 та 18 місяців від початку лікування. Виконані заміри глибини ЛДГК у мм у найглибшій її точці на висоті вдиху. Проведене обчислення середньої різниці глибини деформації між стартовою глибиною та її глибиною у вказані періоди для кожної вікової групи. Результати відображені у табл. 3.10; 3.11 та рис.3.5.

Таблиця 3.10

Середня глибина деформації між початковою та поточною (у мм)

Час від початку лікування	0 міс	2 міс	4 міс	6 міс	8 міс	10 міс	12 міс	14 міс	16 міс	18 міс
5-8 рр.	18,72	12,93	7,72	5,90	5,14	4,53	4,02	3,73	3,61	3,57
9-12 рр.	24,14	19,18	14,54	10,59	7,82	6,52	5,94	5,63	5,37	5,34
13-16 рр.	25,11	21,52	18,20	15,15	12,76	10,88	10,09	9,97	9,95	9,94
17-18 рр.	23,96	21,45	19,22	17,46	15,90	14,70	13,95	13,65	13,61	13,59

Таблиця 3.11

Зміна ефективності лікування у ВД серед пацієнтів різних вікових категорій (у мм)

Вікова категорія	2 міс	4 міс	6 міс	8 міс	10 міс	12 міс	14 міс	16 міс	18 міс
5-8 рр.	5,76	5,21	1,82	0,76	0,61	0,52	0,19	0,12	0,04
9-12 рр.	4,82	4,64	3,95	2,77	1,30	0,58	0,31	0,25	0,03
13-16 рр.	3,59	3,32	3,05	2,39	1,88	0,79	0,12	0,02	0,01
17-18 рр.	2,51	2,23	1,76	1,56	1,20	0,75	0,30	0,04	0,02

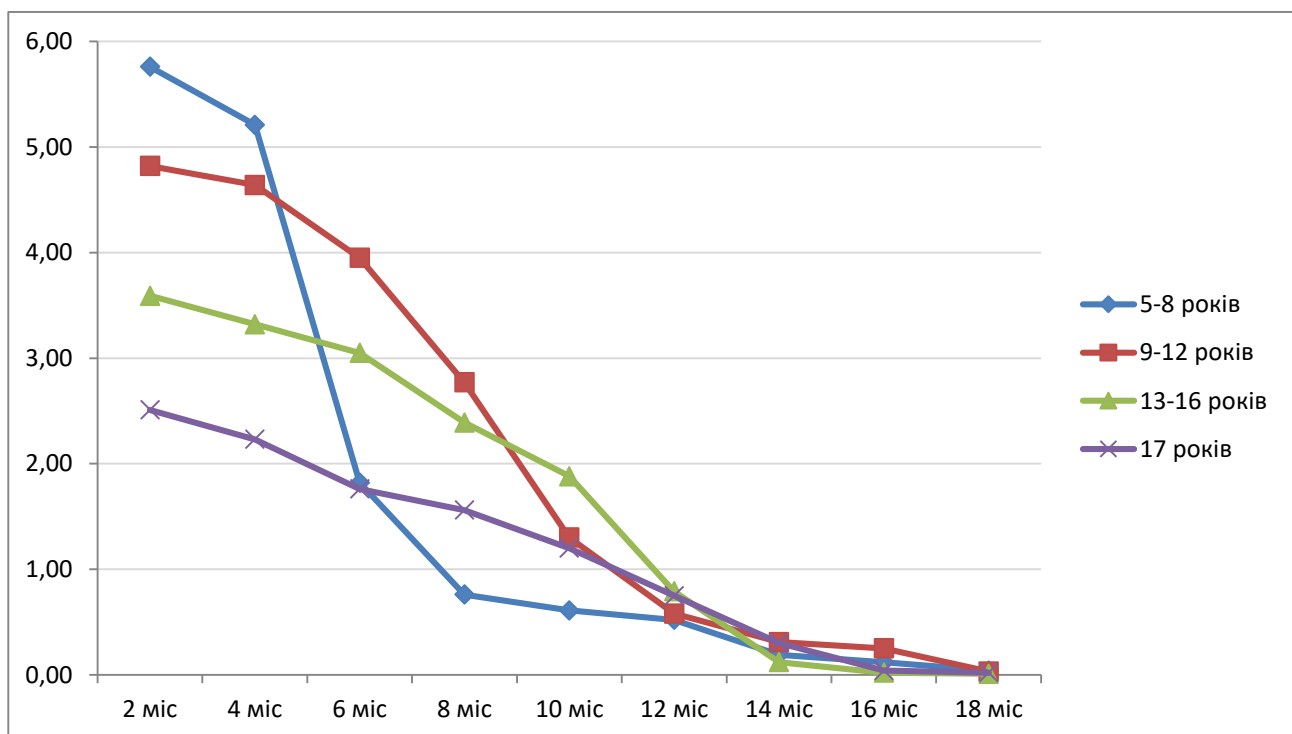


Рис. 3.5. Ефективність лікування у ВД у різних вікових категоріях (мм)

Проведений аналіз випадків неефективного лікування у різних вікових групах за ступенями деформації. Вихідні дані відображені у табл.3.12.

Таблиця 3.12

Неефективне лікування у ВД

Вікова група	5-8 років		9-12 років		13-16 років		17 років	
	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %	Кількість	Частка, %
I ступінь	0	0,00	1	5,00	1	14,29	1	20,00
II ступінь	2	11,11	7	15,22	13	43,33	4	44,44
III ступінь	1	12,5	2	40,00	2	66,67	-	-

Отже, результат лікування виявився негативним у 34 випадках, що становить 20,86%: серед пацієнтів 5-8 рр. – 7,89%; 9-12 рр. - 14,08%; 13-16 років – 40,00%; 17 рр. – 31,25% (менша частка серед найстаршої вікової категорії пов'язана із тим, що лікування у ВД пацієнтам із III ступенем ЛДГК не призначалося). Відзначена виразна тенденція щодо зростання частки негативних результатів лікування у ВД із збільшенням віку пацієнта та ступеня ЛДГК: так, при I ступені ЛДГК у пацієнтів 5-8 рр. негативні результати не зафіксовані, а при третьому ступені ЛДГК серед пацієнтів 13–16 рр. негативні результати склали 66,67%.

Проведений аналіз динаміки ефективності лікування у різних вікових групах серед пацієнтів із негативним результатом лікування (табл. 3.12, рис. 3.6).

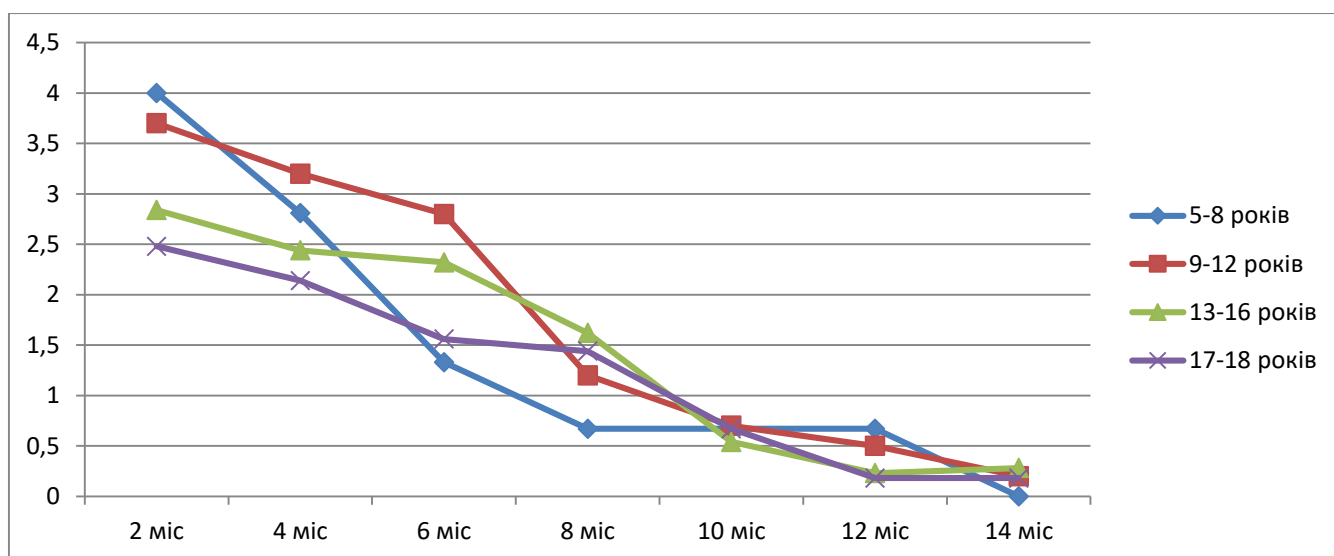


Рис. 3.6. Ефективність лікування у ВД у різних вікових категоріях серед пацієнтів із негативним результатом терапії (мм)

Таблиця 3.12

Зміна ефективності лікування у ВД у пацієнтів із негативним результатом лікування
(мм)

Вікова група	2 міс	4 міс	6 міс	8 міс	10 міс	12 міс	14 міс
5-8 років	4,00	2,81	1,33	0,67	0,67	0,67	0
9-12 років	3,70	3,20	2,80	1,20	0,70	0,50	0,20
13-16 років	2,84	2,44	2,32	1,62	0,54	0,23	0,28
17 років	2,48	2,14	1,56	1,44	0,67	0,18	0,18

Для проведення порівняння результатів також проаналізовано динаміку зміни глибини деформації у процесі лікування у ВД у пацієнтів, які мали позитивний результат лікування (табл. 3.13 та рис.3.7).

Таблиця 3.13

Зміна ефективності лікування у ВД із позитивним результатом лікування (мм)

Вікова група	2 міс	4 міс	6 міс	8 міс	10 міс	12 міс	14 міс
5-8 років	6,50	6,28	3,25	0,92	0,74	0,61	0,22
9-12 років	6,26	5,84	4,93	3,62	1,82	0,77	0,39
13-16 років	4,51	4,64	4,14	3,69	2,33	0,98	0,16
17 років	3,23	3,01	2,46	2,14	1,96	1,24	0,44

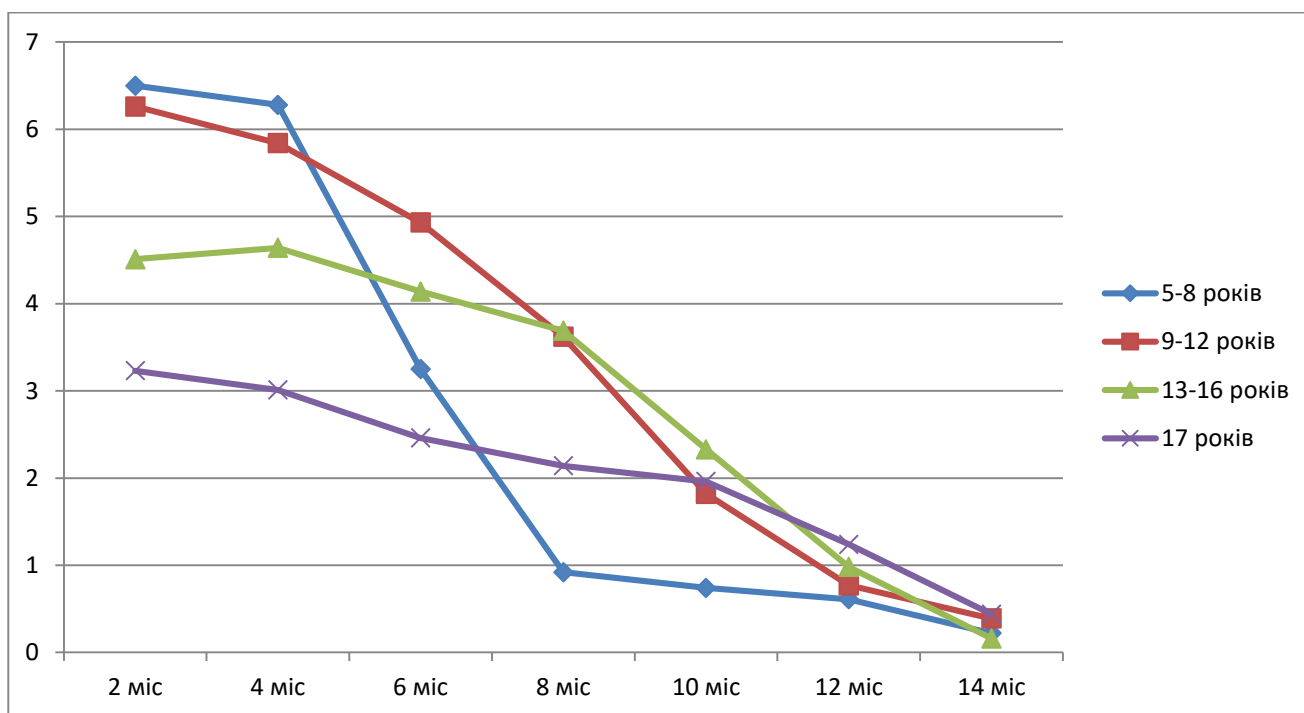


Рис. 3.7. Ефективність лікування у ВД у різних вікових категоріях серед пацієнтів із позитивним результатом терапії (мм)

При проведенні порівняння результатів лікування виявлено, що існує значна відмінність у проміжних результатах лікування між групами із позитивним та негативним результатами лікування, наявні різні темпи зменшення глибини ЛДГК. Врахування отриманих результатів у різних вікових групах дає можливість прогнозувати вірогідність позитивного або негативного результатів лікування. Так, у віковій групі 5-8 рр. у пацієнтів із позитивним результатом лікування за перші 6 місяців зменшення глибини деформації склало 16,03 мм, а у пацієнтів із негативним результатом – 8,14 мм; у віковій групі 13-16 рр. за перші 8 місяців лікування – 16,98 мм та 7,60 мм відповідно.

Для визначення можливості прогнозування ефективності лікування у ВД проведений його порівняльний аналіз у періоди 4 та 6 місяців від початку лікування у пацієнтів із негативним та позитивним результатами лікування у різних вікових групах (середні арифметичні значення) (табл. 3.13 та 3.14).

Таблиця 3.13

Порівняння ефективності лікування у групах із позитивним та негативним результатом через 4 місяці від початку терапії (мм)

Вікова група	Негативний результат	Позитивний результат	Відношення, %
5-8 років	6,81	12,78	187,67
9-12 років	6,90	12,10	175,36
13-16 років	5,28	9,15	173,29
17 років	4,62	6,24	135,06

Таблиця 3.14

Порівняння ефективності лікування у групах із позитивним та негативним результатом через 6 місяці від початку терапії.

Вікова група	Негативний результат	Позитивний результат	Відношення, %
5-8 років	8,14	16,03	196,93
9-12 років	9,70	17,03	175,56
13-16 років	7,60	13,28	174,74
17 років	6,18	8,7	140,78

Для визначення доцільності продовження лікування у ВД порівнювалися дані, отримані на основі розрахунку середнього значення підйому грудної стінки у пацієнтів різних вікових груп при оцінці проміжних результатів після 4-х та 6-ти місяців лікування.

Для їх перевірки було застосовано непараметричний критерій Краскела-Уоллеса, оскільки однозначно видно з таблиці, що дані у незалежних вибірках не відповідають нормальному розподілу та мають лише по 4 значення вимірювань.

Визначення орієнтовної тривалості лікування, при якій можна буде скласти прогноз ефективності подальшого лікування, дозволяє оптимізувати процес лікування, і у випадку негативного прогнозу щодо результатів консервативного лікування, вчасно рекомендувати хірургічне втручання. Разом із тим, якщо буде спрогнозована позитивна динаміка консервативного лікування, то це дозволить продовжити консервативне лікування.

Для порівняння було вибрано два набори даних, отриманих після обстеження пацієнтів після 4-х та 6-ти місяців консервативного лікування.

Було сформульовано статистичні гіпотези для оцінки результатів після 4-х місяців лікування.

Нульова гіпотеза H_0 . Рівень відмінностей, спостережуваних при консервативному лікуванні у ВД пацієнтів із ЛДГК у позитивному та негативному випадках є незначним, а виявлені закономірності випадковими.

Альтернативна гіпотеза H_1 . Рівень відмінностей, спостережуваних при консервативному лікуванні у ВД пацієнтів з ЛДГК у позитивному та негативному випадках є значним, а виявлені закономірності є статистично важливими.

Розрахунки показують наступне.

```
Kruskal-Wallis rank sum test
```

```
data: list(V1, V2)
```

```
Kruskal-Wallis chi-squared = 3, df = 1, p-value = 0.08326
```

Таким чином, рішення про відхилення альтернативної гіпотези є обґрунтованим; тому, незважаючи на велику різницю отриманих результатів у групах із позитивним та негативним результатами консервативного лікування, через

4 місяці від початку лікування некоректно говорити однозначно про його успішність чи неуспішність.

У той же час, якщо проаналізувати застосування аналогічного критерію для середніх значень даних отриманих після 6-ти місяців лікування із схожими нульовою та альтернативною гіпотезою отримаємо наступне.

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(V1, V2)
Kruskal-Wallis chi-squared = 4.0833, df = 1, p-value =
0.04331
```

Отже, доречним є відкинути нульову гіпотезу та прийняти альтернативну (з точністю понад 95%). Рівень відмінностей, спостережуваних при консервативному лікуванні упродовж 6 місяців у ВД пацієнтів із ЛДГК у позитивному та негативному випадках є значним, а виявлені закономірності є статистично важливими.

Таким чином можна зробити обґрунтований висновок, що саме на етапі 6-місячного лікування є можливість прогнозувати успішність (неуспішність) консервативного підходу до лікування пацієнтів із ЛДГК.

Обрахунки виконувалися за допомогою програми написаної мовою R, яка наведена нижче.

```
library('openxlsx')
file = file.choose()
tab <- read.xlsx(file, sheet = 1, startRow = 1, colNames
= TRUE, rowNames = FALSE)
V1 <- c(tab$Positive)
V2 <- c(tab$Negative)
kruskal.test(list(V1, V2))
```

Таким чином, результатом дослідження стали попередні дані, що дозволяють прогнозувати ефективність лікування вакуумним дзвоном: за умови досягнення наступних рівнів підйому грудної стінки: у групі 5-8 pp.- 16,03±1,7 мм; 9-12 pp.- 17,03±1,5 мм; 13-16 pp.- 13,29 мм±1,3 мм; понад 17p.- 8,7 мм±1,2 мм показане продовження терапії у ВД, у протилежному випадку потрібна конверсія на хірургічну корекцію.

3.3 Застосування ВД з метою підготовки для хірургічного лікування ЛДГК

Неефективний результат лікування у ВД був відзначений у 34(20,86%) (табл. 3.11). Серед даної категорії пацієнтів III ступінь ЛДГК зафіксований у 8 пацієнтів; II ступінь – у 24 хворих. Таким чином, хірургічне лікування було показано у 31 випадку. Після проведеного консервативного лікування у 6(75%) хворих із початковим III ступенем ЛДГК через 6–10 місяців від початку лікування у ВД її ступінь зменшився до II. Поширеність площі входу в деформацію зменшилася у 5 (62,25%) пацієнтів із вихідним III ступенем ЛДГК, що дозволило провести корекцію однією пластиною. Подібні результати отримані і у групі пацієнтів із вихідним II ступенем ЛДГК: так, площа входу в деформацію зменшилася у 13 (54,17%); із даної групи пацієнтів 10 проведене оперативне втручання за Nuss, із них 7 (70,00 %) - однією коригувальною пластиною. Таким чином, із 18 пацієнтів із неефективним консервативним лікуванням, які у подальшому були прооперовані, 12 (66,67%) хірургічне втручання виконане однією коригувальною пластиною.

Проведений аналіз динаміки змін мобільності грудної клітки серед пацієнтів із неефективним консервативним лікуванням, яким у подальшому проведена MIRPE. Так, низький рівень мобільності (ригідна грудна клітка) встановлений у 14 (77,78%) пацієнтів до початку консервативного лікування, а після 6-10 місяців такого лікування високий ступінь ригідності залишився у 5 випадках (35,71% від усіх ригідних грудних кліток); середнім став у 9 (64, 29%), тобто майже 2/3 пацієнтів мають зменшення ступеня ригідності грудної клітки у процесі лікування у ВД. Отже, можна прийти до висновку, що навіть неуспішна консервативна терапія дозволяє у значній кількості випадків зменшити об'єм хірургічного втручання, спростити маніпуляції у загрудинному просторі; використовувати пластини меншої ширини та меншу їх кількість.

З метою перевірки гіпотези про зменшення післяопераційного больового синдрому у пацієнтів із попередньою терапією у ВД проведений аналіз його інтенсивності та тривалості у двох групах пацієнтів. Перша група (основна) склала 14 хворих, котрим у передопераційному періоді проведене лікування деформації у ВД; серед них: 2 (14,29%) – із III ступенем ЛДГК та 12 (85,71%) – із II ступенем.

Друга група (контрольна) налічувала 34 пацієнти, котрим операція Nuss проведена без попереднього використання ВД. Серед хворих, які увійшли до контрольної групи мав місце наступний розподіл: 23 (67,65%) пацієнти із II ступенем ЛДГК та 11 (32,36%) - із III ступенем деформації. Оцінку больового синдрому за шкалою NRPS проводили через одну добу, на 4-5 добу; через 1 місяць та через 3 місяці після проведення хірургічної корекції. Отримані результати наведені у табл. 3.15.

Таблиця 3.15 .

Оцінка післяопераційного больового синдрому в основній та контрольній групах

Група	Ступінь деформації	Термін після операції			
		1 доба	4 – 5 доба	1 місяць	3 місяці
Основна , n = 14	II	5,68	2,94	0,97	0,00
	III	6,81	3,53	1,66	0,20
Контрольна , n = 34	II	7,3	3,74	1,00	0,00
	III	8,36	4,18	1,63	0,27

Для статистичного аналізу рівнів інтенсивності больового синдрому у обох групах пацієнтів у вказані терміни після операції також застосовано критерій Краскела-Уоллеса. Порівнянню були піддані оцінки лише для таких даних, які були отримані на 1 добу, 4 – 5 добу та через 1 місяць. Оскільки переважна більшість респондентів при обстеженні через 3 місяці вказала на повну відсутність болю (оцінка 0), як в основній так і у контрольній групах, то можна вважати, що вони не мають значимих відмінностей.

Було сформульовано статистичні гіпотези для перевірки наявності відмінностей у оцінці больового синдрому за шкалою NRPS у основній та контрольній групах на 1 добу після операційного втручання.

Нульова гіпотеза H0. Рівень відмінностей у оцінці пацієнтами больового синдрому за шкалою NRPS у основній та контрольній групах на 1 добу після операційного втручання є незначним, а виявлені закономірності випадковими.

Альтернативна гіпотеза H1. Рівень відмінностей у оцінці пацієнтами больового синдрому за шкалою NRPS в основній та контрольній групах на 1 добу

після операційного втручання є значним, а виявлені закономірності є статистично важливими.

Розрахунки показують наступне.

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(V1, V2)
Kruskal-Wallis chi-squared = 14.404, df = 1, p-value =
0.0001475
```

Дані розрахунки свідчать про однозначне відхилення нульової гіпотези $p\text{-value} < 0,01$ та вказують, що отримані результати значно відрізняються в основній та контрольній групах.

Схожі статистичні гіпотези були сформовані для аналізу відповідей пацієнтів на 4–5 добу і через 1 місяць.

У першому випадку результат був аналогічний до попереднього, єдине що відхилення нульової гіпотези показувало на значенні $p\text{-value} < 0,05$.

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(V1, V2)
Kruskal-Wallis chi-squared = 6.3776, df = 1, p-value =
0.01156
```

У той же час при оцінці пацієнтами інтенсивності больового синдрому за шкалою NRSP у основній та контрольній групах на огляді через 1 місяць уже значимих відмінностей не виявлено і була прийнята нульова гіпотеза: *рівень відмінностей у оцінці пацієнтами больового синдрому за шкалою NPRS у основній та контрольній групах через 1 місяць після операційного втручання є незначним, а виявлені закономірності випадковими.*

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(V1, V2)
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.0025014, df = 1, p-value
= 0.9601
```

Тобто, можна зробити висновок, що у контрольній та основній групах при вивченні оцінок пацієнтів інтенсивності больового синдрому за шкалою NPRS через день та на 4-5 день після операційного втручання має значимі відмінності, у той же

час уже через 1 місяць такі відмінності повністю нівелюються.

Розрахунки виконувалися за допомогою такої програми.

```
library('openxlsx')
file = file.choose()
tab <- read.xlsx(file, sheet = 1, startRow = 1, colNames
= TRUE, rowNames = FALSE)
V1 <- c(tab$KG)
V2 <- c(tab$BG)
kruskal.test(list(V1, V2))
```

При аналізі отриманих даних встановлено, що інтенсивність больового синдрому за шкалою NPRS через добу після операції серед пацієнтів основної групи із II ступенем ЛДГК на 28,52% менша, ніж у пацієнтів контрольної групи; при третьому ступені деформації– на 22,76%; на 4-5 добу після операції цей показник склав відповідно на 20,26% та 18,4% при II та III ступенях ЛДГК. Аналіз больового синдрому в обох групах хворих у період через 1 місяць та 3 місяці після операції показав відсутність хронізації больового синдрому в обох групах та майже однакову його інтенсивність.

Висновки до розділу

Проведене дослідження дозволило обґрунтувати доцільність та достатньо високу ефективність консервативного лікування ЛДГК у дітей із використанням ВД; при ретельному відборі пацієнтів, належному комплаєнсі та лікарському супроводі до 80% пацієнтів можуть бутивилікуваними. Дослідження засвідчило високий рівень безпеки лікування за умови виключення протипоказань; ускладнення, що мали місце при виконанні дослідження, у абсолютній більшості не стали причиною припинення лікування. Прогноз ефективності лікування може бути попередньо зроблений доволі точно через 6 місяців лікування.

Застосування 6–місячної ВД у передопераційному період підвищує мобільність грудної клітки та спричинює зменшення площі входу в деформацію, що дозволяє зменшити кількість та ширину пластин для корекції.

Аналіз інтенсивності післяопераційного больового синдрому у пацієнтів із передопераційною ВБ-терапією статистично достовірно довів його значно меншу

інтенсивність, що, у свою чергу, може скоротити прийом препаратів для післяопераційного знеболення та дозволить зменшити час перебування пацієнта у стаціонарі та тривалість періоду реабілітації.

За матеріалами розділу опубліковано:

Патент на корисну модель 154106. МПК А61F 5/00 (2006.01). Лікувальний вакуумний дзвін / **Заремба В.Р.**, Бондаренко Г.В., Данилов О.А. Патентовласник: Заремба В.Р., Бондаренко Г.В., Данилов О.А. Заявка u202300934 від 13.02.2023. Опубл. 11.10.2023, бюл. № 41/2023.

РОЗДІЛ 4

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЇ ТИТАНОВОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ ЖОРСТКІЙ ФІКСАЦІЇ ЇЇ КІНЦІВ ПІД ЧАС MIPPE

До теперішнього часу були проведені лише поодинокі роботи щодо вимірювання та прогнозування сили, що буде діяти на пластину після корекції ЛДГК після її розвороту. Так, лише у одному дослідженні (Núñez García (2021)[91] виконане визначено сили, яка потрібна для приведення у фізіологічне положення передньої грудної стінки при її западині. Згідно із даними цього дослідження, сила опору передньої грудної стінки, а відповідно, - і сила, що буде діяти на фіксатор, становить від 80 до 250 Н серед пацієнтів від 5 до 18 років (медіана– 195 Н, середнє арифметичне значення– 181 Н). Існує два принципово різних за способом кріплення методи фіксації коригувальної пластини чи пластин– із жорсткою фіксацією кінців пластини до ребер або без такої фіксації. Для методу без жорсткої фіксації кінців пластини до ребер вітчизняними авторами (Левицький, 2022 [153] ; Пилипко, 2023 [154]) проведені лабораторні дослідження та математичне моделювання деформацій пластин при використанні однієї пластини та мостової конструкції із навантаженням від 50 до 600 Н при використанні титанової пластини $2,5 \cdot 15$ мм, причому отримані результати математичного моделювання та лабораторних досліджень мали статистично незначущі відмінності. Зокрема встановлено, що при використанні подвійної мостовидної конструкції січенням $2,5 \cdot 15$ мм при навантаженні у 300 Н прогин складає пластини 5,03 мм, а при використанні однієї такої пластини із тим же навантаженням– 10,05 мм (Пилипко, 2023[154]).

Разом із тим, у проаналізованій літературі не знайдено робіт, присвячених вивченню деформацій коригувальної пластини у випадку жорсткої фіксації її кінців до ребер. Для даного способу кріплення пластини використовують наступну методику кріплення фіксатора: міцно фіксують лавсановою тасьмою 5-6 мм або сталеву лігатуру №7 USP по боковим поверхням грудної клітки між передньою та середньою аксиллярними лінією кожен із двох стабілізаторів пластини до двох ребер підокісно або надокісно.

При такому способі кріплення сам фіксатор функціонує як суцільнометалева аркова конструкція із жорстко фіксованими основами.

Було проведено вивчення міцності та жорсткості пластини шляхом визначення КЗМ та прогинів аркоподібної суцільнометалевої титанової пластини, її прямокутного ($b \cdot h = 1,5 \cdot 0,22$ см; $1,2 \cdot 0,22$; $1,7 \cdot 0,22$ см) поперечного перерізу при дії зосередженої на верхівці арки сили. Розрахункова схема пластини як фізичної моделі є стержнем із криволінійною віссю, що працює на згинання. Беручи до уваги фактичні умови роботи стержня, а саме жорстке закріплення кінців до ребер (у точках А і В), додаткові точки опору на ребра у третинах прольоту, (точки С і D), схемою фіксації та навантаження стержня визнали такою, що відповідає зображеній на рис. 4.1.

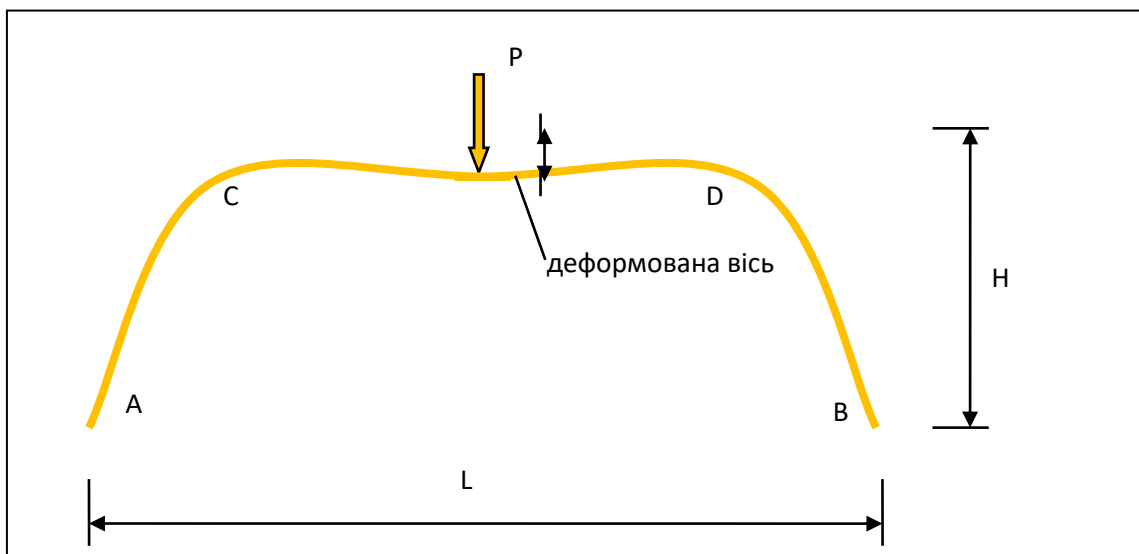


Рис. 4.1 Схема навантажень на коригувальну пластину

Як показують проведені попередні розрахунки, у місцях опирання на ребра у точках проникнення пластини у плевральну порожнину (точки С і D), сили зміщення пластини тяжіють до нуля, тому сила тиску пластини на ребро та сила протидії ребер на пластину мінімальні, отож у подальших розрахунках їх не було враховано.

Узята до розгляду розрахункова схема є тричі статично невизначною, тому пряме аналітичне розв'язання є надзвичайно громіздким. Проте, при заданому співвідношенні розмірів висоти та ширини арки ($\frac{H}{L}$) можливе отримання результатів, що у подальшому можна масштабувати при пропорційній зміні цих розмірів пластини (при цьому згинальну жорсткість пластини вважаємо однаковою за довжиною).

Визначення фізичних показників роботи та надійності арки–пластини розділена на дві задачі: задачу визначення міцності та задачу визначення жорсткості конструкції.

4.1 Формулювання задач та способи визначення КЗМ і прогину пластини

Задачу визначення міцності зводимо до визначення КЗМ (відношення граничного навантаження до розрахункового навантаження) по границі плинності матеріалу, що використовується; для титану даний показник складає $\sigma_T = 840 \text{ МПа}$. У прикладній механіці границею (межею) плинності матеріалу визначається таке напруження σ_T , за якого конструкція чи деталь починає деформуватись навіть за незначного збільшення навантаження. Даний показник є основною механічною характеристикою оцінки міцності пластичних матеріалів. КЗМ визначається за діючим напруження при згині (формула 5.1).

$$k = \frac{\sigma_T}{\sigma} = \frac{M_T}{M} = \frac{\sigma_T \cdot W_x}{M}$$

Форм. 4.1 Розрахунок КЗМ арки–пластини із жорстко фіксованими кінцями (M – значення діючого згинаючого моменту в небезпечному перерізі, що визначається розрахунком внутрішніх сил)

У формулі 4.1 символом W_x позначений момент опору поперечного перерізу при згинанні, процес обчислення якого для прямокутного перерізу визначений формулою 4.2.

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Форм. 4.2 Обчислення моменту опору пластини поперечного перерізу при згинанні

Для реалізації завдання проведено вимірювання ширини та висоти арок - С-подібно модифікованих пластин для їх довжини у 280, 300, 320, 340 та 360 мм із метою визначення усередненого співвідношенні розмірів її висоти та ширини (H та L на рис. 4.1) для використання у розрахунках.

Із метою спрощення математичної задачі та стандартизації вибірки вимірювання проводили для пластин, що були використані для корекції локальної симетричної ЛДГК; для кожного із вказаних розмірів провели вимірювання по 5

випадків. Результати вимірювань, середні значення вказаних параметрів, поточні та середні значення співвідношення $\frac{H}{L}$ для кожного із варіантів довжини пластини відображені у табл.4.1-4.5.

Методика проведення вимірювання відображена на рисунку 4.2.



Рис. 4.2 Методика вимірювання розмірів величин Н та L (відстань між основами арки та її висота)

Таблиця 4.1

Розміри L та H, їх співвідношення та його середнє арифметичне для пластин 280 мм.

Номер по порядку	H , см	L , см	$\frac{H}{L}$	Середнє арифметичне $\frac{H}{L}$
1	8,0	20,2	0,396	0,398
2	8,1	20,3	0,399	
3	8,2	20,4	0,402	
4	8,1	20,3	0,399	
5	8,2	20,7	0,396	

Таблиця 4.2

Розміри L та H, їх співвідношення та його середнє арифметичне для пластин 300 мм

Номер по порядку	H , см	L , см	$\frac{H}{L}$	Середнє арифметичне $\frac{H}{L}$
1	8,4	20,9	0,402	0,402
2	8,7	21,3	0,408	
3	8,7	21,5	0,404	
4	8,5	21,3	0,399	
5	8,6	21,7	0,396	

Таблиця 4.3

Розміри L та H, їх співвідношення та його середнє арифметичне для пластин 320 мм

Номер по порядку	H , см	L , см	$\frac{H}{L}$	Середнє арифметичне $\frac{H}{L}$
1	8,9	22,4	0,397	0,399
2	8,7	22,0	0,395	
3	8,9	22,1	0,403	
4	9,0	22,5	0,400	
5	8,8	21,9	0,401	

Таблиця 4.4

Розміри L та H, їх співвідношення та його середнє арифметичне для пластин 340мм

Номер по порядку	H , см	L , см	$\frac{H}{L}$	Середнє арифметичне $\frac{H}{L}$
1	9,1	22,7	0,400	0,400
2	9,2	23,1	0,398	
3	9,3	23,2	0,401	
4	9,2	22,9	0,402	
5	9,3	23,4	0,397	

Таблиця 4.5

Розміри L та H, їх співвідношення та його середнє арифметичне для пластин 360 мм

Номер по порядку	H , см	L , см	$\frac{H}{L}$	Середнє арифметичне $\frac{H}{L}$
1	9,7	24,1	0,405	0,398
2	9,5	23,8	0,399	
3	9,5	24,0	0,396	
4	9,4	23,7	0,396	
5	9,6	24,2	0,396	

Дані усіх вимірювань зведено у табл. 4.6, що дозволить спростити порівняння та вибір методу перевірки статистичних гіпотез.

Таблиця 4.6

Зведені значення відношень $\frac{H}{L}$

280 мм	300 мм	320 мм	340 мм	360 мм
0,396	0,402	0,397	0,400	0,405
0,399	0,408	0,395	0,398	0,399
0,402	0,404	0,403	0,401	0,396
0,399	0,399	0,400	0,402	0,396
0,396	0,396	0,401	0,397	0,396

Нульова гіпотеза H_0 . Значення у емпіричних розподілах відношень отриманих у результаті вимірювань ширини та висоти арки С- подібно модифікованих пластин безпосередньо після їх модифікації (вигинання конгруентно рельєфу грудної стінки пацієнта перед імплантацією) для різної ширини не відрізняються між собою, а виявлені відмінності є випадковими.

Альтернативна гіпотеза H_1 . Значення у емпіричних розподілах відношень отриманих у результаті вимірювань ширини та висоти арки С- подібно модифікованих пластин безпосередньо після їх модифікації (вигинання конгруентно рельєфу грудної стінки пацієнта перед імплантацією) для різної ширини статистично відрізняються між собою, а виявлені відмінності є закономірними.

Для їх перевірки використаємо непараметричний критерій Краскела-Уоллеса, оскільки однозначно видно з таблиці, що дані для кожної ширини L не відповідають нормальному розподілу, вибірки незалежні та мають лише п'ять значень вимірювань.

Критерій Краскела-Уоллеса є ранговим критерієм та представляє собою модифікацію U критерію Манна-Уїтні для випадку, коли необхідно порівняти більше, ніж 2 незалежні вибірки експериментальних значень (для двох незалежних вибірок його також допустимо застосовувати). Для того, щоб визначити наявність відмінностей у вибірки за рівнем досліджуваної ознаки, спочатку виконують загальне ранжування всіх даних; далі визначається сума визначених рангів у кожній з вибірок і після чого остаточно розраховується коефіцієнт критерію (форм. 4.3).

$$H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \cdot \sum_{j=1}^c \frac{T_j^2}{n_j} \right] - 3(N+1)$$

Форм. 4.3 Визначення коефіцієнта критерію Краскела – Уолеса

У формулі літерою **H** позначено коефіцієнт критерію Краскела-Уоллеса; **N** – загальна кількість спостережень в усіх вибірках; **c** – кількість усіх вибірок, що досліджуються; **T_j** – сума визначених рангів у кожній з вибірок; **n_j** – кількість спостережень у кожній з вибірок.

Останнім кроком є визначення кількості ступенів свободи **df = c – 1** та оцінка значення **p** за довірчими інтервалами. Саме завдяки цьому параметру **p** дозволяється приймати або відкидати нульову чи альтернативну статистичні гіпотези.

Для виконання перевірки було створено спеціальну програму мовою програмування R, що є спеціалізованим програмним інструментом, призначеним для виконання статистичних розрахунків.

Створена програма:

```
library('openxlsx')
file = file.choose()
tab <- read.xlsx(file, sheet = 1, startRow = 1, colNames
= TRUE, rowNames = FALSE)
l280 <- c(tab$L280)
l300 <- c(tab$L300)
l320 <- c(tab$L320)
l340 <- c(tab$L340)
l360 <- c(tab$L360)
kruskal.test(list(l280, l300, l320, l340, l360))
```

Результат виконання програми :

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(l280, l300, l320, l340, l360)
Kruskal-Wallis chi-squared = 2.9708, df = 4, p-value =
0.5627
```

Як видно з із отриманих результатів, значення $p\text{-value} = 0.5627$ є великим і значно переважає значення $0,05$; а отже, альтернативну гіпотезу доречно відкинути та прийняти нульову: значення у емпіричних розподілах відношень отриманих у результаті вимірювань ширини та висоти арки С- подібно модифікованих пластин безпосередньо після їх модифікації вигинанням конгруентно рельєфу грудної стінки пацієнта перед імплантацією для різної ширини не відрізняються між собою, а виявлені відмінності є випадковими; тобто, довжина коригувальних пластин не впливає на співвідношення Н/Л. Середнє значення Н/Л склало $0,399$. Отримані дані дозволяють із високою достовірністю у подальших розрахунках використовувати значення відношення Н/Л рівним $0,4$ як сталу величину.

Проведені розрахунки згину коригувальної пластини як ціЛЬНОметалевої арки із жорстко закріпленими кінцями, до якої прикладена вертикальна сила на вершину її опуклості, як це показано на рис. 4.1, вказують, що максимальний згинаючий момент виникає в точці прикладання сили P і може бути визначений при проведенні розрахунків згідно формули 4.4.

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L$$

Форм. 4.4 Визначення максимального згинаючого моменту арки–пластини із жорстко фіксованими кінцями

Задача визначення жорсткості у дослідженні була зведена до розв'язання рівняння по визначенню максимальної деформації (прогину) пластини–арки, що визначатиметься у точці прикладання сили, тобто на верхівці кривизни арки. Згинальна жорсткість пластини визначається за формулою 4.5.

$$E \cdot I_x = E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12}$$

Форм. 4.5. Визначення згинальної жорсткості пластини

Де E – це модуль пружності матеріалу фіксатора; для титану цей показник складає 112000 МПа.

Для прикладу при визначенні згинальної жорсткості пластини при розмірах

ширини та висоти її перерізу $15 \cdot 2,2$ мм відповідно, можна провести наступні розрахунки:

$$E \cdot I_x = E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} = 112000 \cdot 10^6 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,22^3}{12} \cdot 10^{-8} = 1,49 \text{ (Нм}^2\text{)}$$

Так само, як було доведено доцільність масштабування для КЗМ пластини, можливе використання масштабування результатів і у даному випадку.

Аналогічно проведений розрахунок даного показника для пластин перетином $12 \cdot 2,2$ та $17 \cdot 2,2$ мм - він складає відповідно 1,192 та 1,69 Нм². До даного коефіцієнта також застосований принцип масштабування.

Таким чином, розрахунки прогинів, врахувавши формули 4.1- 4.4, зводяться до формули 4.6.

$$f = 0,00213 \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

Форм. 4.6 Розрахунок вертикальної деформації (прогину) суцільнометалевої титанової пластини–арки із жорстко фіксованими кінцями

Сила дії скоригованої передньої грудної стінки на верхівку арки– пластини рівна силі, яка потрібна для підйому грудини у фізіологічне положення (СК). Рівень СК досліджений експериментальним вимірюванням динамометром під час тракції грудини до фізіологічного положення.

Вимірювання проводилося під час оперативного втручання після 10-20 – хвилинної тракції т.я. при такому підході СК зменшувалася.

Пацієнти, яким проводилося вимірювання СК, розділені на три групи за віком: 9–11 рр.- 5(11,6%) пацієнтів; 12-14 рр.- 15(34,9%) пацієнтів та 15–17 рр.-23(53,5%) пацієнтів. Усього дане дослідження проведене у 43 пацієнтів.

Отримані наступні результати серед пацієнтів 9-11 років: проведене вимірювання у 5 пацієнтів, усі мали III–й ступінь ЛДГК; СК склала 108,5; 110,0; 120,0; 101,5 та 104,0 Н; середнє значення– 108,8 Н (мінімальне значення– 101,5; максимальне - 120,0 Н); хірургічне лікування пацієнтам цього віку при ригідній ЛДГК або неуспішною терапією у ВД або при неможливості використання ВД у дівчаток через близьке розташування молочних залоз; у однієї дитини із негативізмом при синдромі

Дауна.

Дані вимірювання СК у групі 12–14 років, відображені у табл. 4.7; у пацієнтів 15-17 років - у табл. 4.8.

Таблиця 4.7

СК серед пацієнтів 12 – 14 років

Ступінь деформації	Кількість пацієнтів	СК, Н	Середнє арифметичне, Н
Другий	8	99,5; 105,5; 124,0; 130,5; 115,0; 102,5; 117,0; 111,5	113,19
Третій	7	149,5; 137,0; 142,5; 118,0; 114,0; 122,5; 126,0 (мінімальне– 114,0; максимальне– 149,5) .	129,93
Разом	15	Мінімальне– 99,5; максимальне– 149,5.	121,00

Таблиця 4.8

СК серед пацієнтів 15–17 років

Ступінь деформації	Кількість пацієнтів	СК, Н	Середнє арифметичне, Н
Другий	14	177,5; 231,0; 181,5; 194,5; 130,0; 127,0; 125,5; 199,0; 188,5; 188,0; 221,5 ; 197,0; 219,5; 230,5 (мінімальне значення– 125,5; максимальне– 231,0)	186,5
Третій	9	248,5; 218,0; 244,5 ; 218,0; 225,5; 218,5; 238,5; 234,0; 243,5 (мінімальне значення – 218,0; максимальне – 248,5) .	232,11
Разом	23	Мінімальне значення – 125,5; максимальне -248,5 .	204,35

Таким чином встановлено, що серед 43 пацієнтів максимальна СК склала 248 Н; має місце виразна статистично значуща різниця СК у різних вікових категоріях пацієнтів: так, серед пацієнтів 9–11 років середня та максимальна СК склала 108,80 та 120,00 Н відповідно; у пацієнтів 12–14 років 121,00 та 149,50 Н; а серед пацієнтів 15–17 років – 204,35 та 248,5 Н. Результати, отримані при експериментальному дослідженні СК, змушують диференційовано підходити до вибору розмірів пластини для операції Nuss.

Отже, при розробці практичних рекомендацій щодо вибору пластини для корекції при виконання MIRPE із жорстким кріпленням кінців фіксатора до ребер повинне бути орієнтування на СК: у пацієнтів 9-11 років у 120 Н; у пацієнтів 12–14

років– 150 Н; а у пацієнтів 15-17 років– 250 Н. З огляду на отримані результати, можна провести вирішення задачі по визначенню прогину пластини, орієнтуючись на максимальний показник СК у кожному вибраному віковому діапазоні.

У роботі були використані пластини перерізами $12 \cdot 2,2$; $15 \cdot 2,2$; $17 \cdot 2,2$ мм

4.2 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для різних вікових груп

4.2.1 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 9–11 рр.

(використані пластини $280 \cdot 12 \cdot 2,2$ та $300 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм):

1) Для пластини 280 мм:

- середнє арифметичне розміру L складає 20,38 см (0,2038 м);
- переріз $12 \cdot 2,2$ мм;
- СК (P)- 120 Н;

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 120 \cdot 0,2038 = 2,17 \text{ Нм} .$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2038^2}{6} = 0,0831 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{2,17}{0,0831} = 26,11 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{26,11} = 32,17$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{120 \cdot 0,2038^3}{1,19} = 0,00145 \text{ м} = 1,81 \text{ мм}$$

2) Для пластини довжиною 300 мм середнє арифметичне розміру L складає 22,18 см (0,2218 м); максимальна СК та переріз– ті ж, що і у пластини довжиною 280 мм.

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 120 \cdot 0,2218 = 2,37 \text{ Нм} .$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2218^2}{6} = 0,0984 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{2,37}{0,084} = 28,21 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{28,21} = 29,78$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{120 \cdot 0,2218^3}{1,19} = 0,00187 \text{ м} = 2,34 \text{ мм}$$

Незначні розрахункові прогини пластин при максимальному навантаженні у 120 Н (1,81 мм пластини довжиною 280 мм та 2,34 мм пластини довжиною 300 мм) дозволяють знехтувати розрахунками прогину пластин перерізом 15 · 2,2 ; 17 · 2,2 мм, оскільки пластина меншого перерізу (12 · 2,2) за умови жорсткої фіксації її кінців має невеликий прогин та великий коефіцієнт запасу міцності.

4.2.2 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 12 – 14 рр.

Даній віковій групі використані пластини 300 · 12 · 2,2 ; 320 · 12 · 2,2 та 340 · 12 · 2,2 ; 340 · 15 · 2,2 мм).

- 1) Для пластини 300 · 12 · 2,2 мм середнє арифметичне розміру L складає 21,34 см (0,2134 м).

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 149,5 \cdot 0,2134 = 2,84 \text{ Нм} .$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2134^2}{6} = 0,0911 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини :

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{2,84}{0,0911} = 31,17 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{31,17} = 26,95$$

Визначення прогину пластини :

$$f = 0,00213 \cdot \frac{149,5 \cdot 0,2134^3}{1,19} = 0,00260 \text{ м} = 2,60 \text{ мм}$$

- 2) Для пластини $320 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм середнє арифметичне розміру L складає 22,18 см (0,2218 м).

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 149,5 \cdot 0,2218 = 2,95 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2218^2}{6} = 0,098 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{2,95}{0,098} = 30,10 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{30,10} = 27,91$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{149,5 \cdot 0,2218^3}{1,192} = 0,00291 \text{ м} = 2,91 \text{ мм}$$

- 3) Для пластини $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм середнє арифметичне розміру L складає 23,09 см (0,2306 м).

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 149,5 \cdot 0,2306 = 3,06 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2306^2}{6} = 0,1064 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{3,06}{0,1064} = 28,76 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{28,76} = 29,21$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{149,5 \cdot 0,2306^3}{1,19} = 0,00333 \text{ м} = 3,33 \text{ мм}$$

4) Для пластини $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм середнє арифметичне розміру L складає 23,96 см (0,2396 м).

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 149,5 \cdot 0,2306 = 3,06 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 0,2306^2}{6} = 0,1329 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{3,06}{0,1329} = 23,02 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{23,02} = 36,49$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{149,5 \cdot 0,2306^3}{1,49} = 0,00262 \text{ м} = 2,62 \text{ мм}$$

4.2.3 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для пацієнтів 15–17 рр. (для

пластин $340 \cdot 12 \cdot 2,2$; $340 \cdot 15 \cdot 2,2$; $340 \cdot 17 \cdot 2,2$; $360 \cdot 12 \cdot 2,2$; $360 \cdot 15 \cdot 2,2$; $360 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм):

1) Для пластини $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2306 = 5,10 \text{ Нм}$$

$$W_x = 0,1064 \text{ см}^3 \text{ (обчислено раніше)}$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,1}{0,1064} = 47,93 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{47,93} = 17,52$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2306^3}{1,19} = 0,00545 \text{ м} = 5,45 \text{ мм}$$

2) Для пластини $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм

Визначення згинаючого моменту :

$M = 5,10$ Нм (обчислено раніше).

$W_x = 0,133 \text{ см}^3$ (обчислено раніше).

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,10}{0,133} = 38,35 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{38,35} = 21,60$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2306^3}{1,49} = 0,00435 \text{ м} = 4,35 \text{ мм}$$

2) Для пластини $340 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту:

$M = 5,10$ Нм (обчислено раніше)

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{17 \cdot 0,2306^2}{6} = 0,1503 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини :

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,1}{0,1503} = 33,93 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{33,93} = 24,76$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2306^3}{1,69} = 0,00368 \text{ м} = 3,84 \text{ мм}$$

3) Для пластини $360 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм .

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2396 = 5,30 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot 0,2396^2}{6} = 0,1148 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,30}{0,1148} = 46,16 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{46,16} = 18,20$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2396^3}{1,19} = 0,00612 \text{ м} = 6,12 \text{ мм}$$

3) Для пластини $360 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2396 = 5,30 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot 0,2396^2}{6} = 0,1435 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,30}{0,1435} = 36,93 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{36,93} = 22,74$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2396^3}{1,49} = 0,00489 \text{ м} = 4,89 \text{ мм}$$

4) Для пластини $360 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту:

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2396 = 5,30 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{17 \cdot 0,2396^2}{6} = 0,1626 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,10}{0,1626} = 31,37 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{31,37} = 26,77$$

Визначення прогину пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2396^3}{1,69} = 0,00612 \text{ м} = 4,31 \text{ мм}$$

4.2.4 Розрахунки КЗМ та прогину пластини для випадків перехресної імплантації пластин. Для розрахунку деформації двох пластин для спрощення математичної задачі розглянемо варіант перехресного ходу двох пластин для пацієнтів 15–17 років із максимальною (248,5 Н) силою корекції для пластин $360 \cdot 12 \cdot 2,2$; $360 \cdot 12 \cdot 2,2$; $340 \cdot 15 \cdot 2,2$; $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм.

1) Для двох пластини $360 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту :

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2396 = 5,30 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{12 \cdot (2 \cdot 0,2396)^2}{6} = 0,4593 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,30}{0,4593} = 11,54 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{11,54} = 72,79!$$

Визначення прогину двох пластин:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2396^3}{2 \cdot 1,19} = 0,00612 \text{ м} = 3,06 \text{ мм}$$

2) Для двох пластини $360 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм.

Визначення згинаючого моменту :

$$M = 0,089 \cdot P \cdot L = 0,089 \cdot 248,5 \cdot 0,2396 = 5,30 \text{ Нм}$$

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{15 \cdot (2 \cdot 0,2396)^2}{6} = 0,5741 \text{ см}^3$$

Визначення напруження пластини:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{5,30}{0,5741} = 9,23 \text{ МПа}$$

Визначення КЗМ:

$$k = \frac{840}{9,23} = 90,99!$$

Визначення прогину двох пластини:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2396^3}{2 \cdot 1,49} = 0,00244 \text{ м} = 2,44 \text{ мм}$$

3) Визначення прогину двох пластин $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм для пацієнтів 15 - 17 рр. при максимальній силі корекції:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2306^3}{2 \cdot 1,49} = 0,00219 \text{ м} = 2,19 \text{ мм}$$

4) Визначення прогину двох пластин $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм для пацієнтів 15 - 17 рр. при максимальній силі корекції:

$$f = 0,00213 \cdot \frac{248,5 \cdot 0,2306^3}{2 \cdot 1,192} = 0,00219 \text{ м} = 2,72 \text{ мм}$$

4.3 Аналіз результатів визначення КЗМ та прогину пластин для різних вікових груп пацієнтів із формуванням рекомендацій по вибору оптимального розмірі та кількості коригувальних пластин

Отримані результати розрахунку КЗМ для різних розмірів пластин при використанні максимальної СК відображені у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9

КЗМ пластин різних розмірів при максимальній СК

Вікова група	280 · 12 · 2,2 мм	300 · 12 · 2,2 мм	320 · 12 · 2,2 мм	340 · 12 · 2,2 мм	340 · 15 · 2,2 мм	340 · 17 · 2,2 мм	360 · 12 · 2,2 мм	360 · 15 · 2,2 мм	360 · 17 · 2,2 мм
9 - 11 pp	32,70	29,78	-	-	-	-	-	-	-
12 - 14 pp	-	26,95	27,91	29,21	36,49	-	-	-	-
15 - 17 pp	-	-	-	17,52	21,60	24,76	18,20	22,74	26,77

З огляду на отримані результати розрахунку КЗМ можна стверджувати, що використання титанової пластини товщиною 2,2 мм із жорстким кріпленням її кінців до ребер робить фіксуєчу конструкцію дуже надійною – КЗМ навіть при найбільшій СК складає від 17,52 до 36,49 при використанні пластин 340 · 12 · 2,2 мм у пацієнтів 15–17 pp. та 340 · 15 · 2,2 мм у пацієнтів 12-14 pp. відповідно. Такі високі рівні КЗМ дозволяють витримувати пластині навіть високоенергетичні впливи при використанні ширини пластини навіть 12 мм.

Результати розрахунку прогину коригувальної пластини при жорсткій фіксації її кінців у залежності від віку пацієнта та розмірів пластин – табл. 4.10.

Таблиця 4.10

Розрахунок величини прогину пластини при жорсткій фіксації її кінців

Вікова група	280 · 12 · 2,2 мм	300 · 12 · 2,2 мм	320 · 12 · 2,2 мм	340 · 12 · 2,2 мм	340 · 15 · 2,2 мм	340 · 17 · 2,2 мм	360 · 12 · 2,2 мм	360 · 15 · 2,2 мм	360 · 17 · 2,2 мм
9 - 11 pp	1,81	2,34	-	-	-	-	-	-	-
12 - 14 pp	-	2,6	2,91	3,33	2,62	-	-	-	-
15 - 17 pp	-	-	-	5,45	4,35	3,84	6,12	4,89	4,31

Отримані результати дозволяють рекомендувати певні розміри пластини для проведення операції Nuss із жорсткою фіксацією кінців пластини до ребер для різних вікових категорій пацієнтів. Якщо узяти за критерій допуску максимальний прогин пластини 3 мм, то для стабільної корекції деформації у пацієнтів 9-11 pp.

можна рекомендувати використання пластин $280 \cdot 12 \cdot 2,2$ та $300 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм; для пацієнтів 12–14 рр.- $300 \cdot 12 \cdot 2,2$ та $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм, допустимим є застосування пластини $320 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм; не рекомендується використовувати пластину $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм. Для пацієнтів 15–17 рр. допустимим є використання пластин $340 \cdot 15 \cdot 2,2$; $340 \cdot 17 \cdot 2,2$ та $360 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм, але лише за умови наявності неригідної ЛДГК; у інших випадках варто використовувати імплантацію двох пластин.

Отримані результати обрахунку прогину пластини та КЗМ при використанні перехресного ходу двох пластин або за умови рівномірного розподілу сили корекції на обидві пластини свідчать про наявність надзвичайно високого КЗМ фіксуючої конструкції у при використанні пластин шириною 12 та 15 мм. Розрахунковий прогин фіксуючої конструкції при використанні двох пластин шириною 12 мм складає 3,06 мм, а при використанні двох пластин шириною 15 мм - 2,44 мм (довжина пластини 360 мм) та 2,19 і 2,72 мм відповідно (пластина 340 мм) дозволяє рекомендувати використання такого способу фіксації для пацієнтів вікової групи 15–17 років, причому лише ригідні форми ЛДГК потребуватимуть використання пластин шириною 15 мм, а еластичні – 12 мм. Зведені результати із практичними рекомендаціями по вибору ширини та кількості пластин наведені у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11

Вибір ширини пластин та їх кількості

Вікова група	$280 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	$300 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	$320 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	$340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	$340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм	$340 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм	$360 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	$360 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм	$360 \cdot 17 \cdot 2,2$ мм	2 пластини $360 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	2 пластини $360 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм	2 пластини $340 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм	2 пластини $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм
9 - 11 рр	+	+	нв										
12 – 14 рр. еластична	нв	+	+	+-	+	нв							
12 - 14 рр ригідна	нв	+	+	-	+	нв							
15 - 17 рр еластична	нв			-	-	+-	-	-	+-	+	+-	+	+-
15 - 17 рр ригідна	нв			-	-	-	-	-	-	+-	+	+	+-

Умовні позначення:

+ - рекомендується до використання ;

- - не рекомендується до використання ;

+- - може бути розглянутим як варіант для використання ;

нв - зазначена довжина пластини не використовується у даної вікової категорії пацієнтів.

Висновки до розділу

1. КЗМ титанових пластин шириною 12, 15 та 17 мм товщиною 2,2 мм становить від 17,52 до 36,49 за умови жорсткого кріплення кінців пластини до ребер із обох сторін та дозволяє фіксуєчій конструкції переносити навіть високоенергетичні навантаження.
2. У переважній більшості випадків надійним способом корекції є використання однієї коригувальної пластини при вказаному способі її кріплення. Дана теза стосується пацієнтів вікових груп 9–11 та 12–14 рр. та частини пацієнтів 15–17 рр. із еластичною ЛДГК. У пацієнтів віком 15–17 рр. із ригідними ЛДГК показана імплантація двох пластин.
3. Проведене дослідження дає можливість обґрунтовано підходити до кастомізації у виборі ширини пластини та кількості таких фіксаторів.

За матеріалами розділу опубліковано :

[4] Заремба В. Р., Кириченко В. А. Спосіб фіксації титанової коригуючої пластини при хірургічній корекції ліycopодібної деформації грудної клітки та його математичне моделювання *Paediatric surgery (Ukraine)*. 2021. 2(71):21-25; doi 10.15574/PS.2021.71.21.

РОЗДІЛ 5

ПРОФІЛАКТИКА УСКЛАДНЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ MIRPE

Досить високий рівень ускладнень є найбільшою проблемою при корекції ЛДГК у дітей методом MIRPE; вона широко висвітлена у літературі. Ускладнення часто носять важкий, критичний та навіть фатальний характер. Задачею даної частини дослідження була систематизація та розробка заходів профілактики ускладнень із формуванням комплексу таких заходів, який би забезпечив максимальний рівень безпеки пацієнта і мінімізував частоту післяопераційних ускладнень.

5.1 Тракція груднини

Поширеним способом підвищення рівня безпеки пацієнта під час операції Nuss є виведення груднини у фізіологічне положення. Тракцією груднини позбуваються щільного прилягання серця до задньої стінки груднини для вільного маніпулювання у загрудинному просторі. Для виконання тракції запропоновано багато технічних засобів та хірургічних прийомів. Найпростішим та неінвазивним способом є використання ВД, однак воно обмежене у багатьох випадках ригідністю ЛДГК. Поширенішою є тракція груднини за стальну лігатуру різними пристроями, частіше - «підйомним краном» Парка («dr. Park's crane»).

У даній роботі використана власна модифікація даного технічного прийому та підходи до його використання (рис. 5.1):



Рис. 5.1 Система черепної фіксації як засіб тракції грудної стінки при MIRPE

1. Як тракційний пристрій використана система черепної фіксації, що кріпилася до операційного стола. Дана система адаптується для під ергономіку

роботи хірургічної бригади та антропометричні особливості пацієнта

2. Впроваджений спосіб поступової подовженої (впродовж 10-15 хв) тракції грудини - використаний монтажний талреп, який дозволяє поступово підтягувати грудину, та, при потребі, – ланцюг із неіржавіючої сталі (рис. 5.2). Поетапним закручуванням гвинтів талрепа забезпечувалася поступовість тракції грудини. Для забезпечення вільних маніпуляцій у ретростернальному просторі намагалися досягти при тракції положення помірної гіперкорекції.



Рис. 5.2 Тракція грудини за стальну лігатуру талрепом на ланцюзі

Вивчена ефективність поступової тракції у порівнянні із одномоментною тракцією у пацієнтів із III ступенем та II ступенями ЛДГК віком 14-17 рр. – по 20 пацієнтів кожного ступеня. Для цього проведена оцінка рівня підйому грудини шляхом вимірювання довжини ходу гвинта талрепа після одномоментної тракції та після поступової подовженої тракції. Виявлено, що після одномоментної тракції середній рівень підняття грудини серед пацієнтів цієї групи склав 32,14 мм, а після подовженої поступової тракції – 48,65 мм у групі пацієнтів із III ступенем ЛДГК. Таким чином, подовжена поступова тракція додає у середньому 51,40% рівня підняття грудини у порівнянні лише із одномоментною первинною тракцією. У даній групі пацієнтів вдалося вивести грудину у положення гіперкорекції у 13 пацієнтів (65,00%); у фізіологічне положення – у 3 (15,00%), а у 4 пацієнтів із дуже ригідною ЛДГК (20,00%) грудина залишалась у помірно запалому стані. У пацієнтів із II ступенем ЛДГК отримано наступні результати: первинної тракції було достатньо для досягнення помірної гіперкорекції у 12 пацієнтів (60,00%) – таким

пацієнтам поступова подовжена тракція не проводилася. У 8 осіб із цієї групи (40,00%) подовженою поступовою тракцією досягнуто положення помірної гіперкорекції. У пацієнтів менших вікових груп утруднень при проведенні тракції грудини не відзначено.

На початку дослідження для тракції грудини використовувалося накладання у її нижній третині сталюї лігатури 7(USP) (рис. 5.2). При її використанні відзначалися технічні труднощі та ризики: у кількох випадках голка вкрай погано проникала у товщу грудини, також у пацієнтів 15–17 рр. хід голки був неконтрольованим – існував ризик травми перикарду та серця або шов грудини був надто поверхневим – із прорізуванням лігатури. Тому надалі від такого способу відмовилися і стали використовувати однозубий гачок Фолькмана, що дозволяє контрольовано проникнути крізь передню кортикальну пластинку грудини без ризику травми перикарду чи поверхневого його проведення (рис.5.3); наочне підтвердження ефективності тракції із створенням вільного проміжку між перикардом та задньою стінкою грудини зображене на рис. 5.4.



Рис. 5.3 Тракція грудини із використанням гачка Фолькмана



Рис. 5.4 Ефективність тракції грудини

За клінічними показаннями проводили два або три гачки Фолькмана, причому використовували для допоміжних точок тракції бокове введення гачка Фолькмана у тіло грудини у міжребір'ях, що важливо у пацієнтів із значним поширенням

деформації по висоті та (або) залученням грудини у важку асиметричну деформацію, її спіралевидне викривлення (рис. 5.5).

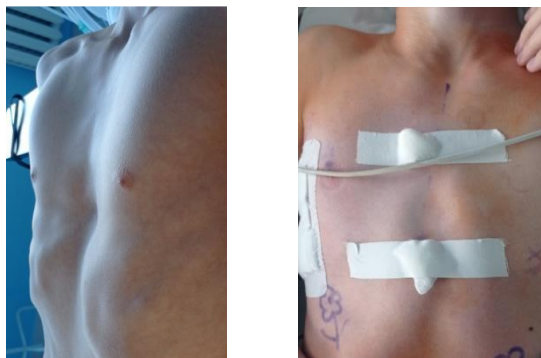


Рис. 5.5 Пацієнт до та після використання двох тракційних точок— нижня третина грудини та тіло грудини справа у 3 міжребір'ї

Як додаткова точка тракції використовувались реберні дуги (рис. 5.6).



Рис. 5.6 Шви на місцях тракційних точок у нижній третині грудини та лівій реберній дузі

Диференційований підхід до вибору місць та кількості точок тракції дозволяє наблизити грудну стінку до фізіологічного положення та дозволяє не лише вільно маніпулювати у грудній клітці, але й більш точно фіксувати коригувальні пластини, що дозволяє отримувати кращі результати лікування.

5.2 Торакоскопічний супровід

Торакоскопічний супровід був використаний в усіх проведених у рамках дослідження MIRPE: у 108(98,18%) випадках від був однобічний - у таких випадках торакопорт встановлювався у правій половині грудної клітки; у 2(1,81%) пацієнтів 16 та 17 рр. була проведена двобічна торакоскопія - обидва пацієнти мали тип ЛДГК

“Grand Canyon”.

Спосіб проведення ШВЛ під час операції повинен забезпечувати достатню візуалізацію та не допускати надмірного наповнення легень повітрям. Мають бути дотримані наступні умови: тиск у дихальному контурі на вдиху не повинен перевищувати 20 мбар, а на видиху – не більше 5 мбар. Дихальний об’єм повинен бути зменшений на 10–15%; для його компенсації потрібне відповідне збільшення частоти дихань у залежності від віку. Стандартно технології безпеки передбачають для торакоскопичних операцій контроль електрокардіограми, пульсу, тиску, сатурації кисню; обов’язковою є капнографія. Пацієнту має бути налагоджений венозний доступ, бажано – центральна вена або 2-3 периферичних, інфузійна терапія має проводитися згідно розрахунку фізіологічних потреб та із врахування порушеного венозного повернення під час карбокситоракса.

Оптичний торакопорт встановлювався на одне міжребір’я нижче місця фіксації стабілізатора пластини до ребер дещо дозадку від передньої аксиллярної лінії якщо планували встановлення однієї коригуючої пластини; якщо ж передбачалась імплантація двох або трьох пластин – використовували основні доступи, додаткових торакопортів не вводили. Для безпеки введення торакопорта виконувалось апное на 15–20 секунд для зменшення наповненості легені. Використовувався карбокситоракс 4-7 мм.рт.ст.

Як ускладнення введення торакопорта нами відзначений один простий пневмоторакс (0,91%), що був купірований дренажуванням на 3 доби. Усі етапи втручання, що проводилися всередині грудної клітки, проводилися під торакоскопичним контролем, у тому числі ретростернальна тунелізація, проведення тасьми-провідника, проведення та розворот пластини, зняття карбокситоракса. Варто зазначити, що у одному випадку (0,91 %) після розвороту пластини та її фіксації під час завершального торакоскопичного контрольного огляду грудної порожнини виявлене защемлення краю 4 та 5 сегментів лівої легені між грудною стінкою та пластиною. Ускладнення усунуте тракцією грудини.

5.3 Ретростернальна тунелізація

Найгрізнішим інтраопераційним ускладненням під час MIRPE є проникаюче поранення серця. Найчастіше ушкоджується праве передсердя із розвитком

масивної кровотечі, що вимагає негайної торакотомії та ушивання перфорації. Також можливим є ушкодження внутрішньої грудної артерії, легені, перикарду, діафрагми та навіть печінки. Від проведення інтрод'юсера у дослідженні відмовилися, вважаючи його небезпечним при проведенні ретростернальної дисекції, оскільки перфорація порожнин серця в описаних у літературі ускладненнях здебільшого виконується саме ним; через значний натяг межистінної плеври та обмеження контролю через зміщення анатомічних структур переднього межистіння, а також можливість розтягнення та травми лівої внутрішньогрудної артерії, від використання ендоскопічного дисекційного тупфера типу “peanut” теж відмовились – він був використаний лише двічі. У подальшому для проведення прекардіальної тунелізації використовували 5–мм лапароскопічний затискач-дисектор за Kelly таким чином, щоб його кінчики були повернуті у сторону грудини і впродовж усієї дисекції впиралися у задню стінку грудини або ребра. Крім того, інструмент дає свободу у виборі способу дисекції по відношенню до внутрішньої грудної артерії – її можна відвести як уперед до грудини, так і назад до перикарду. При відведенні її назад уникається можливість травмування її пластиною у післяопераційному періоді.

Для зменшення ризиків при проведенні ретростернальної тунелізації важливим є ергономічне розташування торакопортів. Робочий торакопорт проводився через праву основну рану у підм'язевому тунелі до точки проникнення пластины у плевральну порожнину (рис. 5.7).

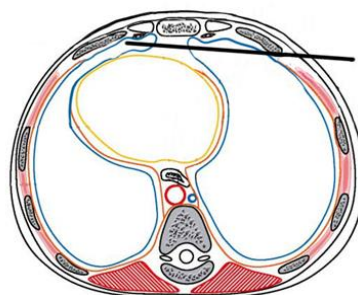


Рис. 5.7 Схематичне розташування робочого торакопрта

Лише у 4 випадках (3,64%) із усіх прооперованих дітей не була досягнута достатня візуалізація при запропонованому розташуванні торакопортів через різку

деформацію груднини, що закривала огляд і не дозволяла безпечно проводити тунелізацію – у цих випадках робочий торакопорт встановлювався через основну рану, досягався кращий доступ дисектора до задньої поверхні передньої грудної стінки (рис. 5.8).

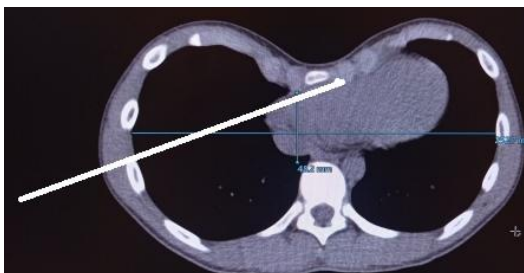


Рис . 5.8 Схематичне розташування робочого торакопрта при неможливості вивести груднину у фізіологічне положення тракцією

Достатня елевация груднини у поєднанні із запропонованими варіантами розташування робочого торакопрта дозволяє провести лавсанову тасьму – провідник 5–6 мм для подальшого проведення пластини у субпекторальних та ретростернальному тунелях із використанням довгого затискача, введеного через контрлатеральний субпекторальний тунель (рис. 5.9).



Рис. 5.9 Уведення та протягування тасьми – провідника ендоскопічним дисектором та довгим кровозупинним затискачем .

5.4 Спосіб фіксації пластини

Обґрунтування способу фіксації пластини із аналізом проведених хірургічних втручань , експериментальними дослідженнями та моделюванням проведені у розділі 4. Технічне виконання цього хірургічного прийому наступне: із розрізів довжиною по 3 см проводили мобілізацію двох ребер. На кожному ребрі виконувався у поперечному напрямі Н-подібний розріз окістя із його подальшим

відшаруванням кільцеподібно навколо ребра із наступним проведенням лігатури. На початку використання даного метода застосовувалася стальна нитка розміром 7 USP, у подальшому – лавсанова тасьма 5-6 мм. Лігатурами стабілізатор пластини прикріплювався до ребер із жорсткої фіксацією таким чином, аби навантаження розподілялося виключно на виділені ребра і не було жодного навантаження на ребра по краю входу у деформацію, а сама лігатура не зміщувався вздовж ребра при навантаженні.

Заміна стальної лігатури у процесі дослідження на лавсанову тасьму спричинене появою випадків перетирання сталюного дроту об пластину (перелом лігатури). Стальна лігатура використана у 28(25,45%) пацієнтів, серед них у 23 (82,14%) у періоди від 3 до 9 місяців відзначався перелом лігатури, а у 13(46,43%) пацієнтів відзначалася ротація пластини; у 2 (7,14%) пацієнтів дiгностована втрата щільного прилягання стабілізаторів пластини та її кінців до ребер (рис. 5.10).



Рис. 10 Перелом сталюних лігатур та діастаз між стабілізатором пластини та ребрами

У жодному із випадків ротація чи втрата щільного прилягання кінців пластини до ребер не потребувала корекції; не було відзначено прорізування пластини через шкіру, а також її бокового зміщення. Варто зазначити, що перелом сталюї лігатури ускладнює її виділення та видалення під час другого етапу хiрургiчного лiкування – видалення коригувальної пластини, оскільки бувають випадки наявності кількох уламків, що зміщуються до плеври, у м'які тканини; пошук уламків може бути утрудненим; видаленням лавсанової тасьми можна знехтувати.

У групі пацієнтів, яким фіксація стабілізаторів виконана лавсановою тасьмою (82(74,55%) пацієнти), не відзначалися випадки ротації чи зміщення пластин. 3

огляду на дане спостереження, від фіксації пластини до ребер стальним дротом варто відмовитися на користь лавсанової стрічки.

Субокісне проведення лігатури для фіксації пластини до ребра у порівнянні із надокісною забезпечує від перетиснення лігатурою міжреберного нерва, що, за висунутою у дослідженні гіпотезою, дозволить уникнути хронізації післяопераційного болю та усунути нейропатичний післяопераційний біль. Для вивчення інтенсивності больового синдрому була проведена його оцінка за шкалою NPRS через 1 добу, 4-5 діб; 1 та 3 місяці після операції.

Отримані наступні результати через добу після операції: у пацієнтів із II ступенем ЛДГК інтенсивність болю склала: 6 балів - 5(21,73%) пацієнтів; 7 балів - 8(34,78%) пацієнтів; 8 балів - 8(34,78%) пацієнтів; 9 балів - 2(8,70%) пацієнти. Середній бал - 7,30. У пацієнтів із III ступенем деформації визначені такі результати: 6 балів - 2(18,18%) пацієнти; 7 балів - 2(18,18%) пацієнти; 8 балів - 3(27,27%) пацієнти; 9 балів - 4 (36,36%) пацієнти. Середній бал - 8,36.

На 4–5 добу після операції пацієнти із II ступенем ЛДГК зафіксували такі рівні болю: 2 бали - 3(13,04%) пацієнти; 3 бали - 5(21,74%) пацієнтів, 4 бали - 11(47,83%) пацієнтів; 5 балів - 3(13,04%) пацієнти; 6 балів - 1(4,35%) пацієнт. Середній бал - 3,74. У той же період після операції пацієнти із III ступенем ЛДГК спостерігали таку інтенсивність болю: 2 бали - 1(9,09%) пацієнт; 3 бали - 2(18,18%) пацієнти; 4 бали - 4(36,36 %) пацієнти; 5 балів - 3(27,27%) пацієнти; 6 балів - 1(9,09%) пацієнт. Середній бал – 4,18.

Через 1 міс після операції проведено анкетування 26 пацієнтів, серед них: пацієнтів II ступенем ЛДГК - 16(66,6%) осіб; із III ступенем - 8(33,3%). Пацієнти, які мали II ступінь ЛДГК оцінили больовий синдром наступним чином: 1 бал - 8(50,0%) пацієнтів; 2 бали - 4(25,0%) пацієнти; 0 балів - 4(25,0%) пацієнти. Середній бал - 1,0. У пацієнтів із III ступенем: 1 бал - 2(25,0%) пацієнти; 2 бали - 4(50,0%) пацієнти; 3 бали - 1(12, %) пацієнт; 0 балів - 1(12,5%) пацієнт. Середній бал - 1,63.

Після закінчення трьохмісячного терміну після операції проанкетовано 22 пацієнти, серед яких 15 осіб мали II ступінь ЛДГК, а 6 - III ступінь. Лише 1 пацієнт із III ступенем ЛДГК відзначив наявність періодичного больового синдрому (не частіше 1 разу на 1-2 тижні), оцінивши його у 2 бали та 1 пацієнт відзначив

періодичний больовий синдром інтенсивністю 1 бал. Обидва пацієнти через 6 міс після операції на біль не скаржилися.

При аналізі результатів хронізації больового синдрому не виявлено; 9,09% пацієнтів мали слабкий періодичний біль через 3 міс після операції. Випадки нейропатичного болю через місяць після операції не реєструвалися.

Таким чином, субокісна фіксація стабілізаторів пластини до ребер унеможлиблюючи травму міжреберного судинно–нервового пучка і дозволяє уникати протопатичного та невропатичного болю.

5.5 Забезпечення конгруентності пластини формі грудної стінки

Конгруентність пластини рельєфу деформації у роботі була забезпечена використанням запропонованої Parkсистеми TERCOM [100]. Сутність її полягає у тому, що за допомогою пластичної алюмінієвої пластини–шаблону виконується модифікація пластини таким чином, аби її форма була дзеркальною кривизні грудної стінки. За виконання таких умов при розвороті пластини і наступній належній фіксації її кінців досягаються кращі умови для корекції ЛДГК. У роботі в усіх випадках даний підхід використовувався; найскладніші модифікації пластини використані при асиметричних формах ЛДГК та ДРД (рис. 5.11).

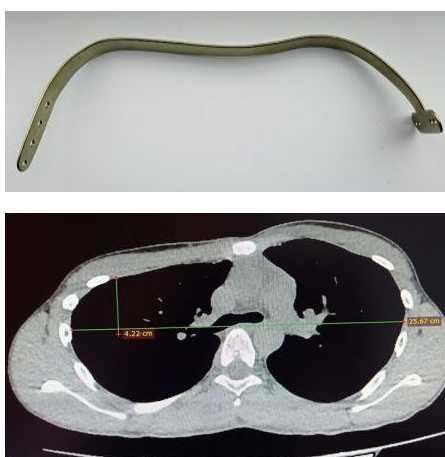


Рис. 5.11 TERCOM - модифікація пластини типу деформації типу II B за Park

При похилому напрямі проведення пластини її стандартна TERCOM-модифікація у варіанті є недосконалою - один кінець стабілізатора не прилягає до ребра, що знижує можливість міцної фіксації пластини, несе ризик її прорізування

та погіршує естетичні наслідки операції, тому в таких випадках модифікація пластини доповнили пропелероподібними згинами кінців пластини (рис. 5.12).



Рис. 5.12 Доповнена пропелероподібними згинами TERCOM–модифікація коригувальної пластини

Згинання пластин виконувалося травматологічним двостороннім ключем (пластинозгиначем) для згинання пластин та імплантів (рис. 5.13) та важільним пружинним згиначем пластин власної розробки (рис. 5.14).



Рис. 5.13 . Травматологічний двосторонній ключ (пластинозгинач) для згинання пластин та імплантів.



Рис. 5.14 Важільний пружинний згинач пластин власної розробки

5.6 Характеристики коригувальної пластини

В усіх виконаних у дослідженні оперативних втручаннях як фіксатор використовувалася титанова пластина довжиною від 280 до 360 мм, шириною 12; 15

та 17 мм; товщиною 2,2 мм, виготовлена із сплав титану VT 20. Даний сплав відноситься до титанових сплавів, що можуть піддаватися деформації; має хорошу корозійну стійкість, оскільки при його загартовуванні утворюється титановий мартенсит- як твердий розчин легувальних елементів в α - титані – при такому підході зміцнення самого сплаву не є значним і зберігається доволі велика пластичність матеріалу. Хімічний склад марки титану VT 20: Fe - до 0,25%; C - до 0,1%; Si - до 0,15%; Mo - 0,5–2,0% ; V - 0,8-2,5 %; N - до 0,05%; Ti – 85,15–91,4%; Al – 5,5–7,0%; Zn – 1,5–2,5%; O - до 0,15%; H - до 0,015%; сумарна кількість інших домішок – не більше 0,30%. Завдяки своєму складу сплав VT-20 є хімічно інертним. У нього є високим вміст алюмінію, що надає йому досить високої міцності та пластичності.

Виробник пластин – ПАТ «Мотор Січ». Пластина – фіксатор під назвою «Набір імплантів для остеосинтезу «Мотор Січ MC-10» має «Сертифікат відповідності» № 001226 по дотриманню вимог «Технічного регламенту щодо медичних виробів», затвердженому Постановою КМУ від 2 жовтня 2013 р. № 753, виданий Органом з оцінки відповідності Державного українського об'єднання «ПОЛІТЕХМЕД».

У прооперованих пацієнтів не відзначено будь-яких алергічних реакцій на метал або подразнення м'яких тканин, не було зафіксовано проблем із міцністю матеріалу. Крім того, у результаті спостережень виявлено, що пластина із сплаву титану після її формування має пам'ять форми – під час проведення її у загрудинному просторі вона розтягується, але одразу після проведення повертається до форми, яка була змодельована. Дані спостереження дозволяють зробити висновок про високий рівень безпеки при використанні пластин із сплаву титану VT-20 по стосовно його міцності, пластичності, еластичності, хімічної інертності дозволяють рекомендувати сплав титану VT – 20 як «золотий стандарт» матеріалу для виготовлення пластин для корекції ЛДГК.

Для роботи запропонована пластина власного дизайну (рис. 5.15).



Рис. 5.15 Пластина - фіксатор власного дизайну

Її особливістю є наявність двох стабілізаторів, один із яких є з'ємним. З'ємний стабілізатор має отвір, крізь який може бути введений гвинт, яким стабілізатор фіксується у отворі пластини; таких отворів є 3–4 на кінці пластини на відстані 1 см один від одного, у кожному із них нарізана різьба під гвинт (рис. 5.16). З'ємний стабілізатор встановлюється при асиметричних формах ЛДГК на більш запалій стороні. Отвори на кінці пластини у таких випадках служать для можливості точної корекції, коли після фіксації стабілізаторів можлива регуляція положення більш запалої сторони грудної стінки шляхом фіксації пластини у стабілізаторі гвинтом у правильно вибраному отворі у пластині.



Рис. 5.16 З'ємний стабілізатор із двома отворами на кожному кінці фіксований гвинтом у четвертому отворі пластини

Для чіткого прилягання стабілізатора до ребра після фіксації лігатурою до ребра у кінці кожного стабілізатора виконані по два отвори (рис. 5.16, 5.17)



Рис. 5.17 Нез'ємний стабілізатор із двома отворами на кожному кінці

Описаний варіант коригувальної пластини був розроблений замість першого варіанта пластини, який також мав один з'ємний та один нез'ємний стабілізатор, але мав конструктивні недоліки, що негативно відбивалися на результатах лікування.

Серед них: один отвір на кінцях стабілізаторів, фіксація з'ємного стабілізатора до пластини не гвинтом, а титановим стрижнем із кнопковидною головкою (рис. 5.18). Даний стрижень за задумом, повинен був фіксуватися його приклинюванням між пластиною та стабілізатором при навантаженні скоригованою грудиною. При використанні первинного варіанту коригувальної пластини відзначалися випадки звуження міжреберного проміжка при фіксації до ребер стабілізаторів, вимушене недотягування лігатури та вихід стрижня-фіксатора із отворів пластини та стабілізатора.



Рис. 5.18 З'ємний стабілізатор із одним отвором на кожному кінці із титановим стрижнем – фіксатором із кнопкоподібною головкою

Із первинним варіантом коригувальної пластини прооперовано 32 пацієнти та використано 45 пластин; відзначені ускладнення, пов'язані із її конструктивними недоліками: вихід стрижня-фіксатора із місця фіксації у м'які тканини – 7(15, 56%) випадків, вимушене подовження лігатури, якою стабілізатор фіксується до ребра - 4(8,89 %) випадки (рис. 5.19).

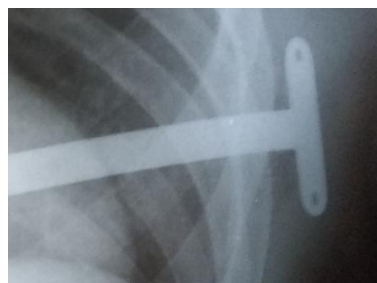


Рис. 19 Відходження кінця пластини із стабілізатором від ребер через наявність лише одного отвору на кінці стабілізатора

Зміщення стрижня-фіксатора відбувалося у строки 4–11 місяців після операції. Вихід стрижня-фіксатора із стабілізатора пластини також ускладнював

другий етап хірургічного втручання, оскільки міграція стрижня від пластини могла бути до 2 см, що ускладнювало його пошук у рубцево змінених м'яких тканинах. Порушення форми грудної клітки або рецидивів ЛДГК у пацієнтів із зміщенням стрижня–фіксатора не зафіксовано. У випадках вимушеного подовження лігатури в усіх 4 випадках мав місце косметичний дефект через контурованість стабілізатора на грудній стінці. Рецидивів ЛДГК та прорізування пластини крізь шкіру не зафіксовано.

Таким чином, при використанні пластин первинного зразка, зафіксовано 11 ускладнень (24,44 %), які, однак, не несли значних ризиків пацієнту, але ускладнювали другий етап хірургічного лікування та спричиняли порушення естетичного вигляду грудної стінки. Натомість, у процесі використання пластин із внесеними конструктивними змінами не було зафіксовано ускладнень, пов'язаних із конструкцією пластини, що дозволяє рекомендувати пластину із титанового сплаву BT–20 вдосконаленої конструкції для використання її у MIRPE за умови жорсткої фіксації кінців пластини до ребер.

5.7 Розмітка операційного поля

Розмітка операційного поля є важливим елементом ефективності операції Nuss, оскільки навіть невелике зміщення точки входу пластини у плевральну порожнину може спричинити зміщення точок фіксації стабілізаторів та недостатньо ефективну корекцію. Розмітку операційного поля проводили наступним чином: розмічали точки входу пластини або пластин у плевральну порожнину; після проведення тракції груднини проводили модифікацію пластини за системою TERCOM. Із використанням модифікованої пластини як шаблона, проводили розмітку на бокових поверхнях грудної стінки місць фіксації стабілізаторів до ребер, і лише після цього виводили груднину у положення помірної гіперкорекції. При дуже ригідних деформаціях, при яких не могли вивести грудну стінку до фізіологічного положення, використовували поправку на 1 см медіальніше місць фіксації стабілізаторів до ребер. При потребі у додатковій корекції методиками «magic string» та «flare buster» розмітку під проведення тасьми для них виконували після фіксації основних пластин. Приклад розмітки операційного поля- рис. 5.20.



Рис. 5.20 Пацієнт до розмітки операційного поля; після нанесення розмітки під точки проникнення пластин у плевральні порожнини та місця фіксації стабілізаторів до ребер; із точками перетину реберних дуг лавсановою тасьмою для корекції протрузії реберних дуг за методикою «flare buster»

Запропонований порядок проведення розмітки дозволяє точно визначати місця фіксації стабілізаторів пластини, вивірено підходити до виконання таких додаткових хірургічних прийомів корекції залишкової деформації як «magic string» та «flare buster».

5.8 Профілактика плечового плекситу

Плечовий плексит - післяопераційне ускладнення, що є наслідком компресії нервових стовбурів плечового сплетіння голівкою плеча при надмірному відведенні руки назад та догори. Вірогідність його виникнення тим більша, чим більший кут відведення плеча назад і вгору та чим більша тривалість операції. На початку дослідження відзначено два випадки післяопераційного плечового плекситу помірного ступеня (1,81% від загальної кількості прооперованих пацієнтів). У подальшому впроваджена наступна укладка пацієнта: горілиць на операційному столі із відведеним на 70° руками; руки розміщалися у суворо фронтальній площині без жодного відведення їх назад (рис. 5.21).

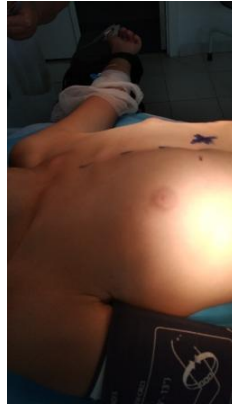


Рис. 5.21 Положення пацієнта на операційному столі.

Обидва випадки плечового плексита мали сприятливий перебіг - у строки 10 та 14 днів клінічні прояви плекситу ліквідовані консервативним лікуванням.

Інших варіантів укладки, як-от із руками, притисненими до тулуба та великим валиком між лопатками вздовж хребта, не використовували; але такий метод теж вартий уваги через потенційно низький рівень ризику ушкодження плечового сплетіння та хорошу ергономіку рухів бригади та торакоскопичних інструментів. Для запобігання плечового плекситу використаний ще один прийом: кожні 20-30 хв кисті пацієнта повертали з положення *pronatio* у положення *supinatio* і навпаки. Після описаної зміни підходів дане ускладнення не реєструвалося.

5.9 Техніка безпеки при операції видалення коригувальної пластини після операції Nuss.

Оперативне втручання проводиться частково без візуального контролю проходження пластини, описані випадки кровотечі, травми перикарду, серця, внутрішньогрудної артерії, легень, та навіть випадок ушкодження аорти із масивною кровотечею через аортолегеневі зрощення.

У 34 (30,91%) пацієнтів видалено 42 пластини на момент закінчення дослідження. Ускладнень, пов'язаних із видаленням пластин, не мали. Тривалість цього хірургічного втручання за наявності однієї пластини склала 20–45 хвилин ($n=26$, середня тривалість – 24,22 хв), при видаленні двох пластин – 35-50 хвилин ($n=8$, середня тривалість – 44,32 хв). Операція з видалення пластини обов'язково повинна включати розгинання до горизонтального положення вільного (після зняття з'ємного стабілізатора) кінця пластини; розгинання кінця пластини із

нез'ємним стабілізатором до горизонтального положення та контроль наявності кровотечі із проведенням гемостазу та контроль можливого пневмоторакса. Розгинання пластини дозволяє контрольовано проводити пластину без опору із за грудинного простору без ризику травми органів межистіння.

Висновки до розділу

MIRPE несе у собі велику кількість ризиків та ускладнень. Для забезпечення безпеки проведення хірургічного втручання та нівелювання ризиків післяопераційних ускладнень, а також задля досягнення хороших функціональних та естетичних результатів операції потрібно використовувати систему заходів безпеки у підготовці та проведенні даного втручання.

Серед складників успіху є: поетапна тривала тракція грудино–реберного комплексу, за показаннями – багатоточкова тракція із використанням однозубого гачка Фолькмана та талрепа із досягненням положення помірної гіперкорекції; дотримання деяких правил проведення ШВЛ; використання торакоскопії із ергономічним розташуванням торакопортів; тунелізація без використання інтрод'юсера; жорстка фіксація стабілізаторів пластини до ребер; субокісна мобілізація ребер для фіксації стабілізаторів; використання для субокісної фіксації лавсанової тасьми; ретельна розмітка операційного поля; модифікація пластини за стандартною та вдосконаленою системою TERCOM; використання титанової пластини із додатковими отворами у ній та стабілізаторах; одним з'ємним стабілізатором, що фіксується гвинтом до пластини; правильне положенням пацієнта на операційному столі.

За матеріалами розділу опубліковано :

[1] Заремба В.Р., Данилов О.А. Операція Nuss: шляхи зменшення частоти післяопераційних ускладнень, інтенсивності та тривалості післяопераційного болювого синдрому Paediatric surgery (Ukraine). 2021. 1(70):12-21; doi 10.15574/PS.2021.70.12

РОЗДІЛ 6

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ОПЕРАЦІЇ NUSS ПРИ РІЗНИХ АНАТОМІЧНИХ ФОРМ ЛДГК

Операція Nuss у класичному варіанті не може забезпечити достатньої ефективності у досягненні добрих функціональних та естетичних результатів лікування при багатьох анатомічних варіантах деформації, та й самим розробником позиціонувалася як операція для корекції симетричних форм ЛДГК. Для покращення результатів запропоновано багато модифікацій MIRPE, однак абсолютною ефективністю жодна із них не володіє, найбільше це стосується асиметричних форм ЛДГК.

У ході роботи розроблені та впроваджені модифікації MIRPE для кожної із форм ЛДГК, у т.ч. поєднаних із ДФРД. Найважливішою особливістю запропонованого підходу до корекції асиметричних та поєднаних із ДФРД форм ЛДГК є те, що у дебюті операції Nuss виконується тракція передньої грудної стінки у місцях її найбільшого заглиблення таким чином, щоб передня грудна стінка була виведена у положення помірної гіперкорекції із максимальним усуненням асиметрії; наступним етапом проводиться та кріпиться до ребер коригувальна пластина (пластини) із тракцією її кінців із стабілізаторами у напрямку необхідної корекції форми грудної стінки відповідно анатомічному варіанту ЛДГК.

Для роботи використовували класифікацію ЛДГК за Park, що найбільше враховує анатомічні варіанти деформації та є практично спрямованою. Дану класифікацію у роботі доповнено пунктом про наявність ДФРД: наявна чи відсутня; ПРД, ДРД; двобічна чи однобічна (із зазначенням сторони). Для уточнення анатомічного варіанту деформації реберних дуг введене поняття «комбінована деформація реберної дуги» (КДФРД) - такий тип ДФРД, при якому верхні відділи реберної дуги знаходяться у положенні депресії, формуючи гарісонову борозну, а нижні – у положенні протрузії. Крім того, у доповнення до класифікації внесено сторона асиметрії деформації по стороні найбільшого заглиблення (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Доповнена класифікація ЛДГК за Park

Тип ЛДГК за класифікацією Park	Сторона асиметрії		Тип деформації реберних дуг									
			Протрузія			Депресія			Комбінована			Відсутня
	Правобічна	Лівобічна	Однобічна		Двобічна	Однобічна		Двобічна	Однобічна		Двобічна	
			Справа	Зліва		Справа	Зліва		Справа	Зліва		
Симетричний класичний (IA)	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+	+
Симетричний широкий плоский (I B)	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	+
Асиметричний ексцентричний локальний (II A1)	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-
Асиметричний ексцентричний широкий плоский (IIA2)	+	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-
Асиметричний ексцентричний довгий глибокий, «Grand Canyon» (IIA3)	-	+	+	+	-	-	-	+	-	-	+	+
Асиметричний незбалансований (IIB)	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
Асиметричний комбінований тип (IIC)	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	-

« + » - зустрічався при даному типі деформації у роботі
« - » - не зустрічався при даному типі деформації у роботі

У доповненому варіанті класифікації Park відображені усі типи ЛДГК, що дозволило пов'язати анатомічний варіант ЛДГК із рекомендованим типом операції Nuss із визначенням кількості коригувальних пластин, прямого чи похилого напрямку імплантації, взаємного розташування пластин та потреби у додатковій

корекції ДФРД із визначенням типу цієї корекції.

Приклад формування діагноза за доповненою класифікацією: лікоподібна деформація грудної клітки II ступеня, асиметричний лівобічний ексцентричний широкий плаский тип (IIA2), поєднаний із депресією лівої реберної дуги.

6.1 Типи проведених операційних втручань за класичною технікою Nuss та адаптованою при різних анатомічних варіантах ЛДГК

Тип операції Nuss у залежності від способу взаємного розташування пластини чи пластин відносно хірурга, який оперує, запропоновано позначати у вигляді римських цифр та деяких символів: «I», «II», «I/», «I /», «V», «IX», «X», «/», «//».

6.1.1 Симетричний класичний тип (IA за Park)

Характеризується локальним заглибленням у нижній частині грудини із залученням у деформацію прилеглих відділів 5-7 ребер симетрично із обох сторін. Даний варіант ЛДГК може поєднуватися або не поєднуватися із ДФРД. За наявності ДРД вона діагностується із обох сторін і може бути представленою як ПРД чи ДРД, так і КДФРД. Серед прооперованих пацієнтів 43 мали симетричний класичний тип (IA за Park). Розподіл за ступенями ЛДГК та типу ДФРД у цій групі пацієнтів відображений у табл. 6.2.

Таблиця 6.2

Ступінь деформації	Тип деформації реберних дуг								Усього	
	Двобічна протрузія		Двобічна депресія		Двобічна комбінована деформація		Без деформації			
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
II	6	21,42	4	14,29	5	17,86	13	46,43	28	65,12
III	2	13,33	5	33,33	6	40,00	2	13,33	15	34,88
Разом	8	18,60	9	20,93	11	25,58	15	34,88	43	100,0

При аналізі даних можна зауважити, що при збільшенні ступеня ЛДГК з II до III значно збільшується частота двобічної ДРД та двобічної КДФРД: з 14,29% до 33,33% та з 17,86% до 40,00% відповідно; крім того виявлено, що частка пацієнтів із другим ступенем ЛДГК, у котрих не зареєстрована ДФРД, значно вища (46,43%), ніж серед пацієнтів із третім ступенем ЛДГК (13,33%). Частка пацієнтів без ДФРД при симетричному класичному типі ЛДГК складає лише 34,88%, що потребує розробки відповідних модифікацій операції Nuss для пацієнтів із наявністю ДФРД.

Отже, виділено 4 варіанти симетричного класичного типу ЛДГК (I A за Park):

- А) Симетричний класичний тип (IA за Park) без ДФРД;
- Б) Симетричний класичний тип (IA за Park), поєднаний із двобічною ПРД;
- В) Симетричний класичний тип (IA за Park), поєднаний із двобічною ДРД;
- Г) Симетричний класичний тип (IA за Park), поєднаний із двобічною КДФРД.

6.1.1.1 Симетричний класичний тип ЛДГК (IA за Park) без ДФРД

Хірургічна корекція даного анатомічного варіанту ЛДГК виконувалася в усіх випадках із імплантацією однієї пластини. Пластини підбиралися залежності від віку та антропометричних показників (подробиці– у розділі 5). Імплантація виконана у строго горизонтальному напрямку згідно класичної методики, описаної Nuss у 1998 р.; таке розташування пластини запропоновано позначати «тип I» (рис. 6.1).



Рис. 6.1 Рентгенограма пацієнки 14 років із III ступенем ЛДГК , симетричний класичний тип (IA за Park) без ДФРД; «тип I» імплантації пластини

Із метою виведення груднини у положення помірної гіперкорекції використовувалася при даному варіанті ЛДГК одна тракційна точка– тіло груднини безпосередньо над мечевидним паростком (рис. 6.2).



Рис. 6.2 Одна тракційна точка через тіло груднини безпосередньо над мечевидним паростком

В усіх випадках отримано хороший косметичний та функціональний результат, ускладнень не зареєстровано. Даний анатомічний варіант ЛДГК є найпростішим для хірургічної корекції.

6.1.1.2 Симетричний класичний тип ЛДГК (ІА за Park) із двобічною ПРД

Корекція даного типу ЛДГК виконувалась аналогічно ІА за Park без ДФРД, але для корекції ПРД використовуються дві тактики:

А) При вираженому астенічному типі конституції, коли ділянки ПРД знаходились набагато нижче стабілізаторів пластини, проводили консервативне лікування у індивідуальній динамічній компресійній брейс-системі (ІДКБС) власного дизайну (рис. 3). ІДКБС для корекції ПРД побудована на базі ІДКБС для корекції кілевидної деформації грудної клітки.



Рис. 6.3 Консервативне лікування післяопераційної ПРД

Консервативне лікування проведене 3 пацієнтам, у двох (66,67 %) досягнута повна корекція, один пацієнт відмовився від запропонованого лікування із використанням ІДКБС – ПРД лишилася не скоригованою. Лікування розпочинали не раніше, як за 6 місяців після проведення MIRPE, суть його полягала у поступовому прогресивному натисненні компресійними пластинами ІДКБС на ділянки ПРД впродовж тривалого часу (на початку лікування – 8 годин на добу, у подальшому – до 19 годин на добу), тривалість лікування склала від 7 до 13 місяців (середньоарифметичне 9,67 місяця). ІДКБС для корекції ПРД виготовлялася індивідуально, а компресійні пластини формувалися згідно форми та ступеня протрузії кожної реберної дуги (рис. 6.4).



Рис. 6.4 Пацієнт на завершальній стадії лікування ПРД; зони гіперемії шкіри відповідають компресійним пластинам ІДКБС

Б) За умови невеликої відстані від стабілізаторів коригувальної пластини до верхівок ПРД використовували прийом “flare buster”. Суть його полягає у проведенні між нижніми краями стабілізаторів пластини пучка товстих (1-0 USP) ниток, що не біодградуються, через верхівки обох ПРД із подальшим приведенням реберних дуг у фізіологічне положення шляхом прив’язування із натягом кінців ниток до нижнього краю стабілізаторів та притисненням ділянок ПРД. Даний техніка виконується як частина оперативного втручання після фіксації стабілізаторів до ребер. Метод “flare buster” використаний у пацієнтів із симетричним класичним типом ЛДГК (ІА за Park), поєднаним із двобічною ПРД у 4 випадках – в усіх отримана повна корекція ПРД. У зв’язку із технічними труднощами при використанні пучка в усіх випадках використана лавсанова тасьма 3 мм, що дало можливість спростити виконання даного етапу втручання із надійним результатом.

У жодному із випадків не було потреби у проведенні резекційних методик корекції ПРД.

Отже, диференційний підхід до корекції ПРД із визначенням показань до хірургічного та консервативного лікування дозволяє уникати резекційних типів хірургічної корекції, що покращує наслідки операції.

6.1.1.3 Симетричний класичний типу ЛДГК (ІА за Park) із двобічною ДРД

Пацієнтів із даним анатомічним варіантом прооперовано 9, що склало 20,93%; другий ступінь ЛДГК визначено у 4(44,44 %), а третій – у 5(55,56 %) хворих. На початку дослідження 2(22,22 %) пацієнти прооперовані за базовою методикою Nuss (тип «І» імплантації пластини) із жорсткою фіксацією стабілізаторів до двох ребер

субокісно. У цих пацієнтів за повної корекції ЛДГК залишалась двобічна ДРД. У інших 7(77,78 %) пацієнтів із даним анатомічним варіантом ЛДГК використано під час MIRPE по дві пластини із перехресним ходом; запропонована назва «тип Х» розташування пластин, використана модифікована система TERCOM (рис. 6.5).

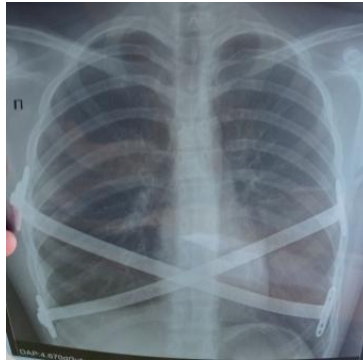


Рис. 6.5 «Тип Х» розташування пластин у пацієнта із симетричним класичним типом ЛДГК (ІА за Park), поєднаним із двобічною ДРД

Важливим є не тільки підготовка пластини, але й правильна розмітка операційного поля, особлива увага повинна бути приділена нижній точці проникнення пластин у плевральну порожнину із такою фіксацією стабілізаторів, щоб нижній край пластини виводив уперед запалу реберну дугу.

В усіх 7 пацієнтів, прооперованих за даною методикою, досягнуті добрі функціональні та естетичні результати (рис. 6.6).



Рис. 6.6 Пацієнт із симетричним класичним типом ЛДГК (ІА за Park), поєднаним із двобічною ДРД до та після хірургічної корекції

6.1.1.4 Симетричний класичний тип ЛДГК (ІА за Park) із двобічною КДФРД

У 3(27,27%) випадках проведена корекція даного варіанту ЛДГК із типом «І» імплантації пластини та жорскою фіксацією стабілізаторів до двох ребер субокісно. У цих пацієнтів мало місце лише помірне зменшення ДРД на рівні гарісонової борозни; ПРД не коригувалася, мала місце тенденція до її збільшення. За естетичними показаннями 1(33,33%) пацієнт лікувався у ІДКБС для корекції ПРД впродовж 10 місяців – ПРД скоригована, але ДРД лишилася як естетичний дефект. Модифікована операція (тип «Х» імплантації пластин із модифікованою системою TERCOM та технікою «flare buster») виконана 8(72,72%) пацієнтам із даним варіантом ЛДГК (рис. 6.7 та 6.8).

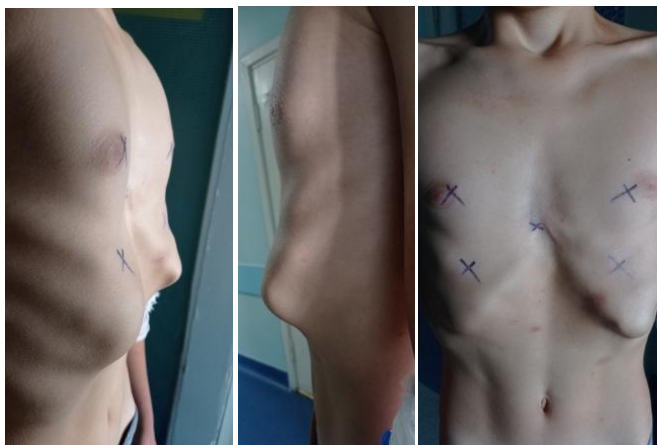


Рис. 6.7 Пацієнт із симетричним класичним типом ЛДГК (ІА за Park) із ДКДФРД

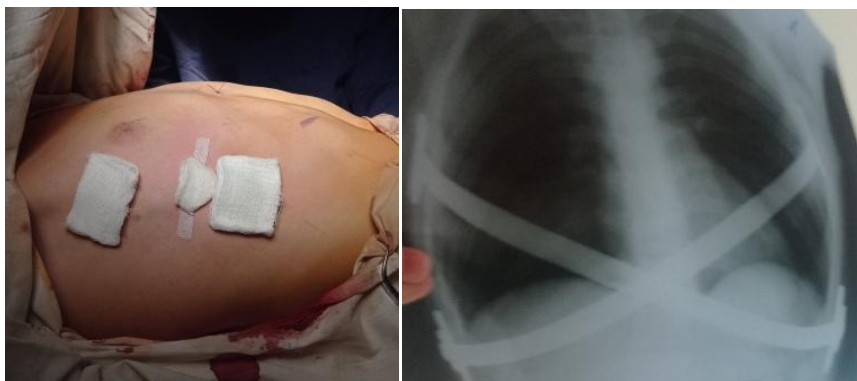


Рис. 6.8 Результат корекції симетричного класичного типу ЛДГК (І А за Park), поєднаного із двобічною КДФРД із імплантацією двох коригувальних пластин («тип Х»), доповненою методикою «flare buster»

В усіх 8(100,00%) виконана отримані добрі результати: деформація скоригована повністю – і власне ЛДГК, і двобічна КДФРД. Таким чином, при хірургічній корекції даного варіанту ЛДГК оптимальним способом є тип «Х» імплантації пластин із жорсткою фіксацією стабілізаторів субокісно до двох ребер із використанням вдосконаленої системою TERCOM та методики «flare buster».

6.1.2 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park)

Даному типу характерне поширене заглибленням у нижній та середній частинах грудини, рідше, – і у верхній її частині із залученням у деформацію прилеглих ребер симетрично із обох сторін до рівня або латеральніше середньоключичних ліній. Даний варіант ЛДГК може поєднуватися або не поєднуватися із ДФРД. За наявності ДФРД у пацієнтів, задіяних у дослідженні, вона була представленою однобічною або двобічною ДРД. Таких пацієнтів у дослідженні було 12(10,91%). II ступінь ЛДГК діагностований у 8 пацієнтів (66,67%); третій – у 4 (33,33%) (табл. 6.3).

Таблиця 6.3

Ступінь деформації	Тип ДФРД						Усього	
	Однобічна ДРД		Двобічна ДРД		Без ДФРД			
	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%	Кількість	%
II	3	25,00	2	16,67	3	25,00	8	66,67
III	1	8,33	1	11,11	2	16,67	4	33,33
Разом	4	33,33	3	25,00	5	41,66	12	100,00

Хірургічна корекція даного типу ЛДГК потребувала використання двох точок тракції грудини: одна у місці з'єднання тіла грудини та мечовидного паростка у вертикальному напрямку; друга – тіло грудини на рівні 3 міжребір'я справа у горизонтальному напрямку. Дві точки тракції використані через потребу в імплантації щонайменше двох коригувальних пластин, верхня із яких вводилася на рівні 3 міжребір'я у горизонтальному напрямку (див. розділ 5).

6.1.2.1 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) без ДФРД

Особливостями хірургічної корекції даного варіанту ЛДГК є корекція двома коригувальними пластинами із їх паралельним горизонтальним ходом (тип «II»); нижня - на рівні 5 або 6, а верхня – на рівні 3 міжребір'я (рис . 6.9).

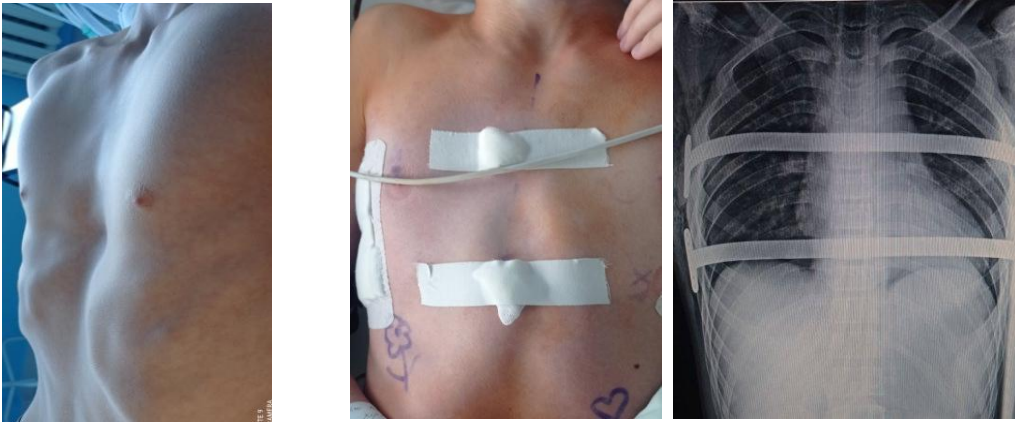


Рис. 6.9 Пацієнт із симетричним широким пласким типом ЛДГК (ІВ за Park) без ДФРД до та після операції; «тип ІІ» розташування пластин

Використання однієї пластини недостатнє для повної корекції, а при розташуванні верхньої пластини у четвертому міжребір'ї є ризик неповної корекції ЛДГК. Усі 5(100,00%) пацієнтів із даним анатомічним варіантом ЛДГК були прооперовані за даною методикою – отримані добрі функціональні та естетичні результати в усіх випадках.

6.2.2.2 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) із двобічною ДРД

У дослідженні використана модифікація операції Nuss подібна тій, яка застосовувалася при симетричному класичному типі ЛДГК (ІА за Park), поєднаним із двобічною ДРД (тип «Х» розташування пластин), але доповнена імплантацією додаткової горизонтальної пластини, встановленої на рівні третього міжребір'я. Даний тип розташування пластин запропоновано позначати «тип «ІХ»». Важливим є використанням модифікованої системи TERCOM.

У рамках дослідження проведена корекція 3 пацієнтам із симетричним широким пласким типом ЛДГК (ІВ за Park), поєднаним із двобічною ДРД – у всіх (100,00%) отримано добрі результати (рис. 6.10; 6.11).



Рис. 6.10 Пацієнт із симетричним широким пласким типом (ІВ за Park), поєднаним із двобічною ДРД

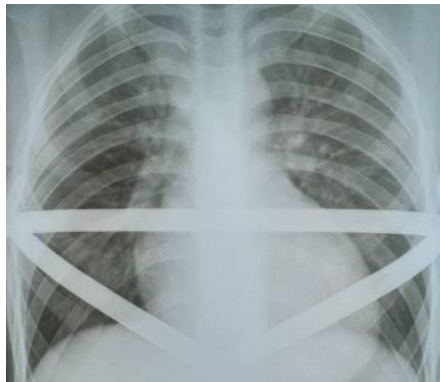


Рис. 6.11 Рентгенограма пацієнта із симетричним широким пласким типом (ІВ за Park), поєднаним із двобічною ДРД; тип «IX» розташування пластин

Якщо використовувати дві паралельні пластини, то корекція ДФРД не буде досягнута; якщо використовувати лише дві пластини із перехресним ходом (тип «X» розташування пластин), то наслідком буде недостатня корекція ЛДГК– залишкова деформація на рівні верхньої та середньої третини груднини.

6.1.2.3 Симетричний широкий плаский тип (ІВ за Park) із однібічною ДРД

У дослідженні хірургічне лікування пацієнтам із даним анатомічним варіантом ЛДГК виконане за базовою операцією Nuss у 2(50,00%) випадках на початковій стадії дослідження двома пластинами - у 2(100%) не була скоригована ДРД.

Суть розробленої та використаної у двох інших випадках модифікації полягає у похилому розташуванні нижньої пластини для корекції нижньої частини ЛДГК та виправлення ДРД. Хід верхньої пластини може бути горизонтальним або похилим, стабілізатори пластин на одній стороні можуть дотикатися або ні. У

залежності від цього розташування коригувальних пластин можливе наступних типів: «V», «I/» та «//» .

Під час використання модифікованої операції при даному анатомічному варіанті операції 1(50,00%) пацієнту пластини імплантовані із дотиканням стабілізаторів на одній стороні (тип «V» розташування пластин); 1(50,00%) – із похилим ходом пластин (тип «//»). Тип «V» використаний у випадку різко вираженої астеничної тілобудови; тип «//» – у нормостенічної дитини із поширеною за площею ДРД. В обох випадках отримано добрий естетичний результат операції. Тип «I/» може бути використаним при невеликій поширеності западини грудної клітки по висоті при типі ЛДГК ІВ із однобічною ДРД.

Приклад хірургічного лікування симетричного широкого плаского типу із однобічною ДРД за запропонованою методикою відображений на рис. 11.



Рис. 6.12 Пацієнт із симетричним широким пласким типом ЛДГК із однобічною ДРД до та після операції; «тип V» розташування пластин

6.1.3 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за Park)

характеризується локальним асиметричним заглибленням у ділянці нижньої частини груднини із залученням у деформацію прилеглих відділів ребер із однієї сторони, здебільшого 4–6. Цей варіант може поєднуватися або не поєднуватися із ДФРД. За її наявності, вона була представлена однобічною ДРД або однобічною КДРД. Пацієнтів із даним варіантом ЛДГК було 14(12,372%); із них 4(28,81%) мали однобічну КДФРД; 6(42,86%)– однобічну ДРД; 4(28,81%)– без ДФРД.

Принципи хірургічної корекції даного варіанту подібні до корекції симетричного класичного типу (ІА за Park) із доповненнями: по-перше, дві точки тракції передньої грудної стінки; по– друге, показане використання системи

TERCOM. Накладали дві точки тракції: перша- по латеральному краю тіла грудини, що залучений у деформацію у місці її переходу в мечоподібний паросток; друга- ребро, яке знаходиться ближче до найглибшої точки деформації або несе на собі цю точку (рис. 6.13, 6.14).

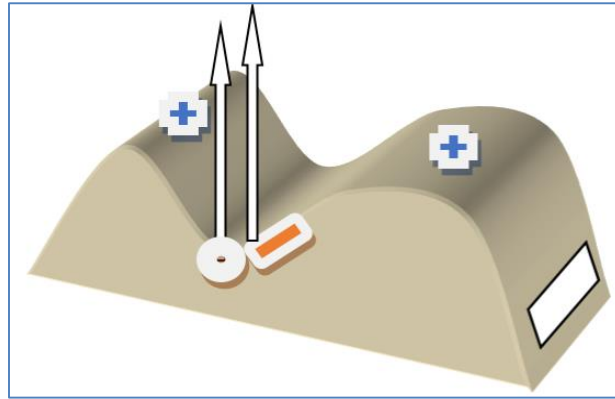


Рис. 6.13 Схеми тракції грудної стінки під час хірургічної корекції асиметричного ексцентричного локального типу (IIA1 за Park)

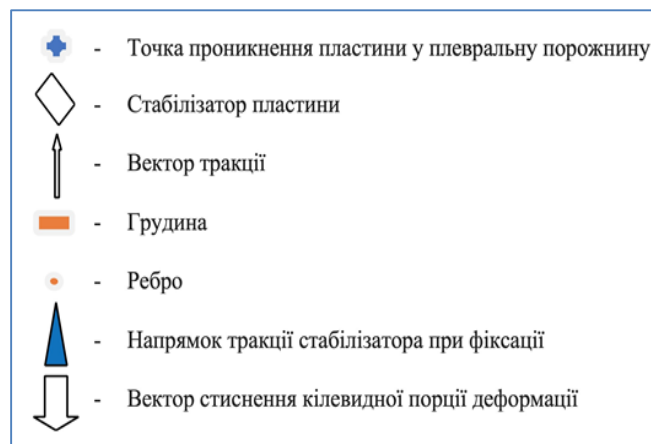


Рис. 6.14 Умовні позначення до схем тракції та фіксації пластин

6.1.3.1 Асиметричний ексцентричний локальний тип (IIA1 за Park) без ДФРД. Варіантом MIRPE, який був використаний у дослідженні є тип «I» розташування пластини із використанням системи TERCOM. На рис. 6.15—пацієнт із асиметричним ексцентричним локальним типом ЛДГК без ДРД.



Рис. 6.15 Пацієнт із асиметричним ексцентричним локальним типом ЛДГК (ПА1 за Park) без ДФРД та післяопераційна рентгенограма грудної клітки

В усіх 4(100%) прооперованих таким чином пацієнтів відзначені хороші естетичні та функціональні результати.

6.1.3.2 Асиметричний ексцентричний локальний тип (ПА1 за Park) із однобічною ДРД

Модифікація операції Nuss, що була використана для корекції даного варіанту ЛДГК– імплантація однієї пластини із похилим ходом; для повної корекції ДРД потрібно, щоб пластина проходила під найглибшою точкою западіння грудини та під ДРД – запропонована назва тип «/» розташування пластини (рис. 6.16).

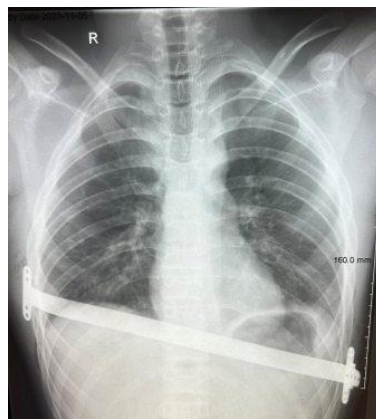


Рис. 6.16 «Тип /» розташування пластини при корекції типу ПА1 за Park із однобічною ДРД

Для проведення ефективної корекції ДРД кріплення стабілізатора до ребер виконувалось із тракцією його вперед; точка проникнення пластини у плевральну порожнину планувалася дещо латеральніше середньоключичної лінії, модифікація пластини здійснювалася за системою TERCOM. Лише за умови дотримання трьох зазначених умов реберну дугу, що знаходилася у запалому положенні, вдавалося вивести у фізіологічне положення (рис 6.17).

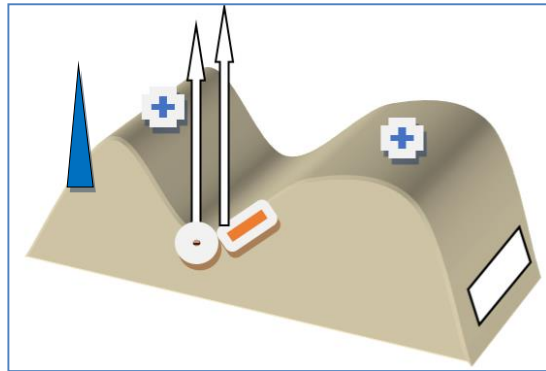


Рис. 6.17 Схема тракції грудної клітки під час хірургічної корекції типу ПА1 за Park із однобічною ДРД

За вдосконаленою методикою було прооперовано 4 (66,67%) пацієнти із 6 – в усіх (100%) отримано повну корекції ЛДГК та ДФРД (рис. 6.18).



Рис. 6.18 Пацієнт із асиметричним ексцентричним локальним типом ЛДГК (ПА1 за Park) із однобічною ДРД; розмітка операційного поля

Два пацієнти (33,33%), які були прооперовані за базовою технікою Nuss, не мали повної корекції власне ЛДГК та мали повністю не скориговану ДРД.

Таким чином, запропонована модифікація MIRPE для корекції асиметричного ексцентричного локального типу ЛДГК (ПА1 за Park) із однобічною ДРД дає добрі естетичні та функціональні результати.

6.1.3.3. Асиметричний ексцентричний локальний тип (ПА1 за Park) із однобічною КДФРД

Адаптована MIRPE для даного анатомічного варіанту ЛДГК тотожна запропонованій модифікації для асиметричного ексцентричного локального типу (ПА1 за Park) із однобічною ДРД. Так прооперовані 2(50,00%) пацієнти – отримано

хороший результат: повністю скоригована ДРД, ПРД стала менш виразною. 2(50,00%) пацієнти були прооперовані за базовою методикою Nuss - ДФРД не скоригована, відзначена невелика залишкова ЛДГК (задовільний результат).

Для корекції залишкової ПРД одній пацієнтці 16 років через 6 місяців після операції проведене лікування у ІДКБС для корекції ПРД із однією компресійною пластиною (рис. 6.19); один пацієнт від ортезного лікування відмовився.

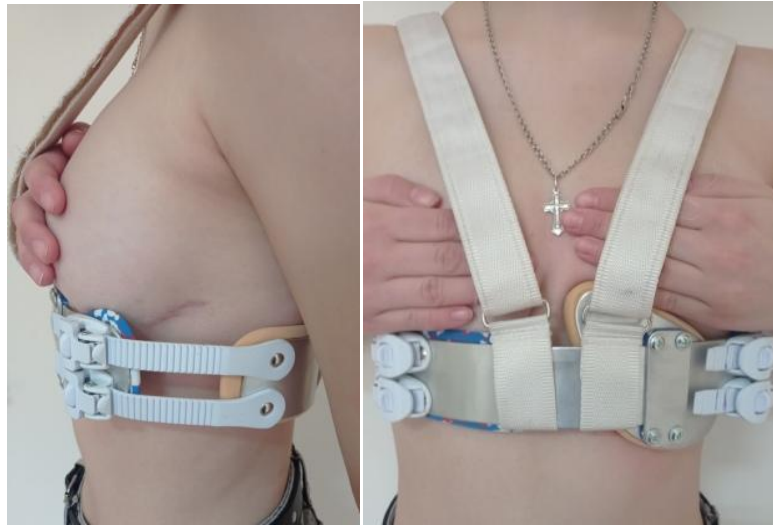


Рис. 6.19 ІДКБС із однією компресійною пластиною

Тривалість консервативного лікування - 9 місяців, досягнута повна корекція. Контрольні огляди через 6 та 12 місяців після закінчення лікування – без рецидиву.

Як варіант корекції ПРД при даному анатомічному варіанті деформації можна розглядати доповнення описаної вище методики прийомом “flare buster”. Для його проведення необхідно контрлатерально нижньому кінцю похило імплантованої пластини виконати підокісну мобілізацію ребра, провести та закріпити тасьму до даного ребра й до стабілізатора пластини із іншої сторони. Недоліком використання цього маневру у вказаній клінічній ситуації є потреба у додатковому розрізі, однак він може бути запропонований при плануванні хірургічного втручання тим пацієнтам, які не матимуть бажання лікуватися у ІДКБС для корекції реберної дуги – таких пацієнтів у дослідженні не було.

Отже, хірургічне лікування із запропонованими модифікаціями при асиметричному ексцентричному локальному тип (ПА1 за Park) із однобічною КДФРД має кращі функціональні та естетичні наслідки, ніж при виконанні

класичної операції Nuss, а консервативне лікування залишкової ПРД може бути рекомендоване для покращення естетичних наслідків операції.

6.1.4 Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ПА2 за Park)

Даний тип ЛДГК характеризується наступними ознаками: асиметричне поширене заглибленням у нижній та середній частинах грудини, а іноді – і верхньої її частини із включенням у деформацію прилеглих ребер з однієї сторони на рівні або латеральніше середньоключичних ліній. Даний варіант ЛДГК у дослідженні в усіх випадках був поєднаний ДФРД. За наявності ДФРД у пацієнтів, вона була представленаю однобічною ДРД або однобічною КДФРД. Серед усіх прооперованих пацієнтів 6(5,45%) мали цей тип ЛДГК. Другий ступінь ЛДГК встановлений у 3(50,00%) пацієнтів; третій – у 3(50,00%). За типом асоційованої ДФРД пацієнти розподілилися наступним чином: однобічна ДРД діагностована у 3(50,00%) пацієнтів; однобічна КДФРД – у 3 (50,00%). 2(33,33 %) пацієнти із КДФРД прооперовані за класичною методикою Nuss двома пластинами. 4(66,67%) пацієнтам хірургічне лікування було виконане із використанням адаптованого варіанту операції Nuss. Тракція грудини при виконанні адаптованого втручання при ПА2 типі ЛДГК за Park виконувалася щонайменше із двох тракційних точок: місце переходу тіла грудини у мечевидний паросток по краю грудини, що межує із деформацією та за ребро, найближче до найглибшої точки деформації; якщо при тракції середня та верхня третини грудини не виводилися у бажане положення, додатково накладалася третя точка тракції у 3 міжребір'ї поперечно у тіло грудини зі сторони деформації. Проводилася обов'язкова модифікація пластин за системою TERCOM . Кріплення стабілізаторів зі сторони деформації проведено із тракцією їх уперед. Схема тракції, кріплення та фіксації пластин наведена на рис. 6.20.

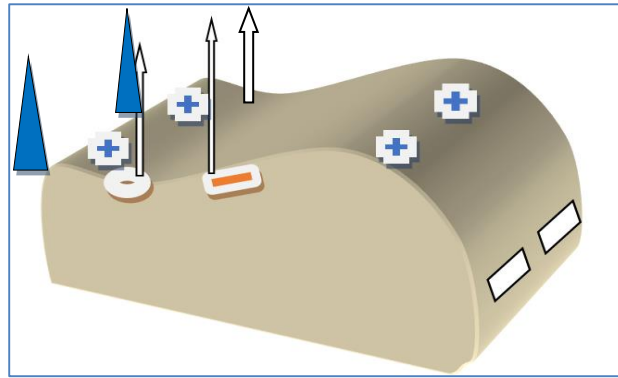


Рис. 6.20 Схема тракції грудини, кріплення та фіксації пластин у модифікованій MIRPE при симетричному ексцентричному широкому пласкому типі ЛДГК

Враховуючи наявність в усіх пацієнтів однобічної ДРД або однобічної КДФРД, в усіх випадках нижня пластина проведена у похилому напрямку під запалою реберною дугою. Верхня пластина у залежності від рельєфу грудної стінки у двох випадках проведена горизонтально (50,00%)– «тип I/» розташування пластин та у двох випадках (50,00%)– похило («тип //» розташування пластин) (Рис. 19).

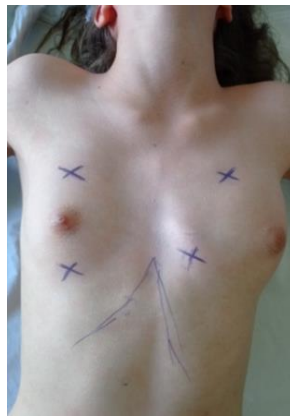


Рис. 6.21 Розмітка операційного поля для корекції при ЛДГК ПА2 за Park; «тип I /» розташування пластин

6.1.4.1. Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ПА2 за Park) із однобічною ДРД діагностований у 3 пацієнтів. Усім (100%) виконане адаптоване хірургічне втручання – досягнута повна корекція (рис. 6.22).



Рис. 6.22 Приклад хірургічної корекції асиметричного ексцентричного широкого плаского типу ЛДГК (ПА2 за Park), асоційованого із однобічною ДРД

6.1.4.2 Асиметричний ексцентричний широкий плаский тип (ПА2 за Park) із однобічною КДФРД.

У рамках роботи 2 пацієнтам була виконана класична методика Nuss із імплантацією двох коригувальних пластин – у обох (100%) отримані залишкові деформації: помірні ЛДГК та КДФРД. Один пацієнт прооперований за модифікованою методикою – отримана повна корекція ЛДГК та корекція ДРД; ПРД не була усунута (рис.6. 23).



Рис. 6.23 Залишкова ПРД зліва після корекції асиметричного ексцентричного широкого плаского типу ЛДГК (ПА2 за Park) із однобічною КДФРД

Для корекції залишкової ПРД проведено лікування у ІДКБС для корекції ПРД із однією компресійною пластиною впродовж 10 місяців – досягнута повна корекція.

Як варіант лікування залишкової ПРД при даному анатомічному варіанті ЛДГК можна провести маневр «flare buster» - таких пацієнтів у дослідженні не було.

Таким чином, хірургічне лікування асиметричного ексцентричного широкого плаского типу (ПА2 за Park) є досить складною хірургічною задачею, що вимагає ретельного планування та чітких геометрично вивірених дій хірургічної бригади.

6.1.5 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ПА3 за Park).

Даному типу ЛДГК характерне глибоке западінням нижньої та середньої третини грудини, менше – верхньої третини із спіралеподібною деформацією її середньої та нижньої третини у напрямку зверху вниз із формуванням повздовжнього глибокого каналу по усій довжині грудини. Деформація грудини виражена так, що нижні відділи тіла грудини можуть розташовуватися сагітально. Відповідно до деформації грудини наявні і деформації ребер, причому із більш глибокої сторони вони навіть мають фронтальне S-подібне викривлення.

Пацієнтів із даним типом ЛДГК у дослідженні було 9, що склало 8,18% від усіх прооперованих пацієнтів. Усі пацієнти, за визначенням цього типу ЛДГК, мали III ступінь ЛДГК. Розподіл пацієнтів за типом ДФРД: двобічна ДРД – 2(22,22 %); двобічна КДФРД – 3(33,33%); однобічна ПРД - 2(22,22%); без ДФРД – 2(22,22 %).

Тракція грудини при типі ЛДГК ПА3 за Park є доволі складною задачею, так як усі 9 пацієнтів (100,0%) були віком від 14 до 17 рр., мали високий ступінь ригідності ЛДГК. Тракція у даному випадку включала кілька точок: перша - низ тіла грудини по її серединній лінії; друга – низ тіла грудини по глибокому краю деформації; третя - ребро дещо латеральніше найглибшої точки деформації. Така тракція дозволила вивести нижню третину грудини та прилеглі ребра у бажане положення в усіх випадках; у 5(55,56%) випадках була достатньою і для проведення верхньої пластини. Використання меншої кількості тракційних точок є неефективним. Додатково у 3(50,00%) випадках використана четверта точка тракції – тіло грудини на рівні 3 міжребір'я зі сторони деформації.

Безпека ретростернальної тунелізації при даному типі деформації є особливо важливою через сагітальне положення нижньої третини грудини та щільного прилягання серця. Великий верхньонижній розмір ЛДГК диктував імплантацію 2 або 3 пластин. Схема тракції та проведення пластин для асиметричного ексцентричного довгого глибокого типу деформації зображена на рис. 6.24.

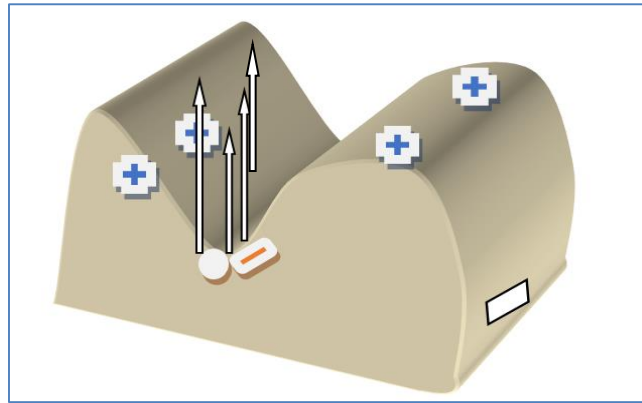


Рис. 6.24 Схема тракції та проведення пластин для типу «Grand Canyon»

6.1.5.1 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ПАЗ за Park) без ДФРД

Даний варіант ЛДГК діагностований у 2 пацієнтів, у обох проведена класична процедура Nuss двома пластинами із типом розташування «II». В обох випадках (100,00%) отримано хороший результат (рис. 6.25).



Рис. 6.2 Пацієнт із асиметричним глибоким типом ЛДГК без ДФРД

6.1.5.2 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ПАЗ за Park) із двобічною КДФРД. Цей варіант ЛДГК діагностований у 3 пацієнтів: у 1(33,33%) операція виконана за базовою методикою Nuss із типом розташування пластин «II»; 2(66,67%) пацієнтам MIPPE проведена із використанням 3 пластин («IX»- тип імплантації) із використанням вдосконаленої системи TERCOM; додатково для корекції ПРД використана техніка «flare buster».

Результатом операції у пацієнта із «II»- типом розташування пластин стала

неповна корекція ЛДГК із незначною залишковою ЛДГК між пластинами справа, помірною ДРД та виразною ПРД (рис. 6.27). У 2 пацієнтів, оперованим за адаптованою методикою, отримано хороший результат (рис. 6.28).



Рис. 6.27 Пацієнт із ЛДГК «Grand Canyon» із двобічною КДФРД, «II»- типом розташування пластин



Рис. 6.28 Пацієнт із асиметричним довгим глибоким типом ЛДГК із КДФРД; «IX»- тип розташування пластин, доповнений технікою «flare buster»

Отже, хірургічна корекція при типі ЛДГК (ПАЗ за Park) із двобічною КДФРД проведенням пластин типу «IX», доповнена методикою «flare buster», покращує результат корекції; повністю коригує ДФРД і усуває залишкову ЛДГК.

6.1.5.3 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ПАЗ за Park) із двобічною ДРД

Із даним анатомічним типом ЛДГК прооперовані 2 пацієнти із використанням

«IX»-типу розташування пластин: функцією двох нижніх пластин було корекція ДРД та нижньої частини ЛДГК із запобіганням залишковій ЛДГК, а функцією верхньої – корекція верхньої частини ЛДГК. У обох випадках досягнута повна корекція деформації (рис. 6.29).



Рис. 6.29 Пацієнт із ПАЗ типом ЛДГК за Park, поєднаним із двобічною ДРД

6.1.5.4 Асиметричний ексцентричний довгий глибокий тип або тип «Grand Canyon» (ПАЗ за Park) із однобічною ПРД

У дослідженні було 2 пацієнти із даним анатомічним варіантом ЛДГК – їм виконана базова операція Nuss двома пластинами на початку дослідження. Відзначена невелика (7 та 10 мм) залишкова ЛДГК між пластинами з обох сторін від грудини та не скоригована ПРД у обох пацієнтів. Від лікування у ІДКБС пацієнти відмовилися (пацієнти 16 та 17 років чоловічої статі).

Враховуючи отримані результати при лікуванні інших пацієнтів із типом деформації “Grand Canyon”, можна вважати кращим вибором для пацієнтів із ПАЗ за Park, поєднаним із однобічною ПРД, виконання MIRPE із «IX»- типом розташування пластин, доповненою із технікою «flare buster».

6.1.6 Асиметричний незбалансований (ПВ за Park)

При даному типі ЛДГК має місце поєднання асиметричного широкого плаского типу ЛДГК із однієї сторони та локальної, менше вираженої, центрально розташованої западини у проекції нижньої третини грудини – з іншої.

У дослідженні даний тип ЛДГК визначений у 15 пацієнтів (13,64%). Лівобічна асиметрія діагностована у 12(80,00%) пацієнтів, а правобічна – у 3(20,00%). Другий ступінь ЛДГК діагностований у 11(73,33%) пацієнтів, а третій – у 4(26,67%). Усі

випадки були поєднані із одним типом ДФРД – однобічною ДРД. Сторона ДРД відповідала стороні асиметрії.

Даний тип ЛДГК є одним із найважчих для корекції.

4(26,67%) пацієнти із цим анатомічним типом ЛДГК були прооперовані за класичною методикою Nuss із «I»- типом імплантації; 11(73,33%) пацієнтам була виконана адаптована MIRPE із типом «/» розташування пластини. Модифікація техніки передбачала використання вдосконаленої системи TERCOM та спеціальної схеми тракції передньої грудної стінки і фіксації пластини: для проведення тракції використовувалися дві точки: одна по серединній лінії груднини у місці переходу тіла груднини у мечевидний паросток; друга – ребро по парастернальній лінії на рівні нижньої третини груднини або на 1–2 см латеральніше. При проведенні фіксації стабілізаторів до ребер її проводили із тракцією вперед на стороні асиметрії, а із тракцією назад – на протилежній стороні (рис. 6.30)

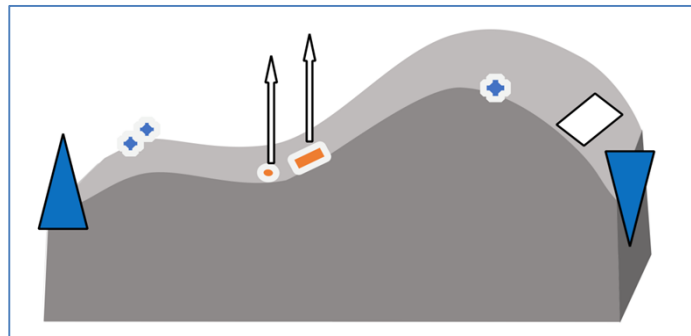


Рис. 6.30 Схема тракції передньої грудної стінки, фіксації стабілізаторів та проведення пластини при ЛДГК типу ІВ за Park

Пластина на опуклішій стороні проводилася у плевру дещо медіальніше краю деформації, але із обов'язковою точкою опори на підлегле ребро на верхівці деформації, далі проводилася під нижнім краєм тіла груднини, а на більш запалій стороні – похило під найбільш запалою частиною ДРД.

Наслідки оперативних втручань пацієнтам прооперованих за базовою технікою Nuss були наступними: в усіх 4(100%) пацієнтів залишилася не скоригованою ДРД; серед 3 пацієнтів із II ступенем ЛДГК у 1(33,33%) мала місце невелика залишкова ЛДГК на стороні асиметрії; пацієнт із III ступенем ЛДГК мав помірну залишкову ЛДГК (глибина 13 мм) та не скориговану ДРД. Пацієнти, яким

проведена MIRPE за модифікованою методикою, мали наступні наслідки операцій: у 1(9,09%) випадку не повністю скоригована ДРД та у 1(9,09%) випадку визначена незначна (глибина 8 мм) залишкова ЛДГК на стороні асиметрії. Залишкові деформації у цих двох випадках виникли у перших пацієнтів, прооперованих за даною методикою. У 9 решти пацієнтів (81,82 %) наслідком операції була повна корекція ЛДГК та ДРД (рис. 6.31).

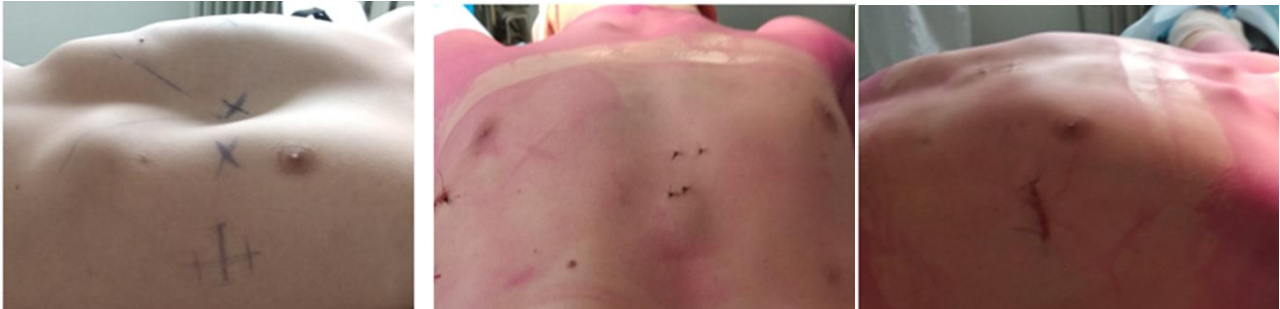


Рис. 6.31 Пацієнт із асиметричним незбалансованим типом ЛДГК до та після модифіковані MIRPE

6.1.7 Асиметричний комбінований тип (ПС за Park)

Даний тип ЛДГК характеризується поєднанням кілевидної та ЛДГК, причому кілевидна порція деформації знаходиться на одній стороні грудної клітки, а лійкоподібна – на іншій. Особливістю кілевидної деформації є її відносно невелика ширина, вона значна по висоті та формує гребінь по краю грудини або парастернально. Лійкоподібна порція деформації відповідає асиметричному незбалансованому типу. Даний тип ЛДГК є досить складним у корекції.

У дослідженні асиметричний комбінований тип ЛДГК діагностований у 11(10,00%) пацієнтів. За поєднаною ДФРД був наступний розподіл: 8(72,72%) пацієнтів мали ДРД, 3(2,72 %) – КДФРД, тобто усі пацієнти із типом ЛДГК ПС за Park мали супутню ДФРД – в усіх випадках вона була однобічною та завжди визначалася на запалій стороні. Серед пацієнтів із даним типом ЛДГК 8(72,73%) мали кілевидну частину деформації справа; а у трьох хворих (27,27%) кілевидна порція деформації визначалася зліва.

На початковій стадії дослідження 2 пацієнти 15 та 17 років (18,18 %) прооперовані із використанням класичної операції Nuss: у одного був використаний

тип «II» розташування пластин, у другого – тип «I». У обох випадках отримано задовільний результат – не повністю була скоригована лійкоподібна порція деформації (залишкова ЛДГК 11 мм та 14 мм); не була скоригована кілевидна частина деформації та ДРД та КДФРД відповідно у кожного із пацієнтів.

У 9 пацієнтів, які оперувалися на пізніших стадіях дослідження, хід операції був змінений. Тракція передньої грудної стінки виконувалася із двох точок: перша - тіло грудини у місці переходу у мечевидний паросток; друга - сьоме ребро на цьому ж рівні між середньключичною та парастернальною лініями на стороні лійкоподібної порції деформації. Пластина проводилася обов'язково за типом «/» із її проникненням у плевральну порожнину медіальніше верхівки кілевидної деформації із обов'язковим опиранням пластини на верхівці деформації; далі пластина має бути проведена під нижньою третиною грудини та найбільш запалою частиною реберної дуги.

Фіксація стабілізаторів проводили із натягом назад на стороні кілевидної деформації, а на стороні лійкоподібної порції деформації – вперед. Фіксація стабілізатора проводилася спочатку на стороні кілевидної порції деформації із одночасним натисненням на кілевидну частину деформації до зміщення грудної стінки у цій ділянці у фізіологічне положення. Після цього проводилася фіксація стабілізатора на стороні лійкоподібної порції деформації. При такому підході пластина, опираючись на верхівку кілевидної деформації та піднімаючи запалу частину грудної стінки, працює як важіль, де нерухомою віссю є верхівка кілевидної порції деформації. Цей типу операції названий «важільна техніка» або «lelel technique» (рис. 6.32).

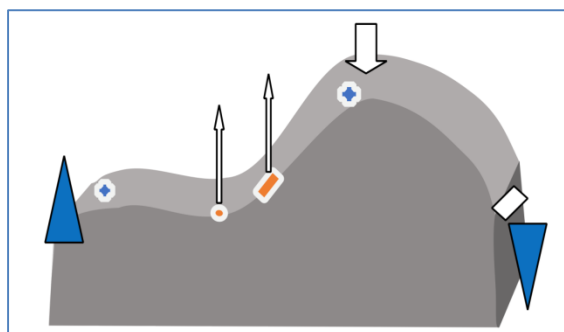


Рис. 6.32 Схеми «важільної техніки» при корекції ПС за Park типу ЛДГК

Пацієнтів, які були оперовані за «важільною технікою», у дослідженні було 8(72,72 %). Повна корекція досягнута у 6 випадках (75,00%), серед них у 4(66,67%) випадках мав місце середній ступінь ригідності грудної клітки, у 2(33,33%) – високий (рис. 6.33).



Рис. 6.33 Результат хірургічного лікування за «важільною технікою» пацієнта із ПС за Park типом ЛДГК із середнім ступенем ригідності грудної клітки

У пацієнтів із середнім та високим ступенем ригідності за потреби додатково використана техніка «magic string» за Park. У двох випадках (25,00%) наслідком операції стала неповна корекція кілевидної порції деформації - в обох випадках пацієнти мали високий ступінь ригідності грудної клітки та вік 16 років. Залишкова ПРД діагностована у 2(25,00%) пацієнтів – у обох проведене успішне консервативне лікування у ІДКБС для корекції тривалістю 7 та 10 місяців.

Одному пацієнту віком 15 років із ригідною грудною стінкою проведена корекція за методикою «sandwich technique» за Park (рис. 6.34).

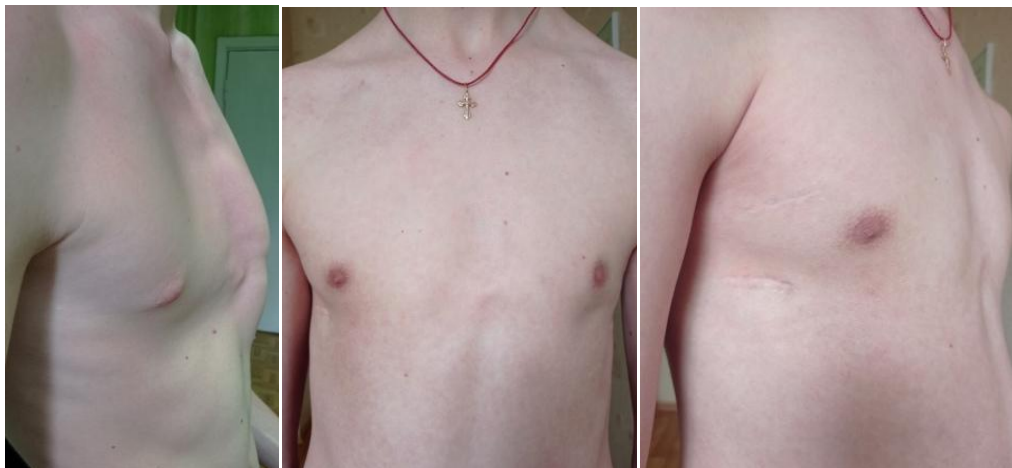


Рис. 6.34 Пацієнт із ригідною асиметричного комбінованого типу ЛДГК із використанням «sandwich technique»

Таким чином, при хірургічній корекції комбінованого типу ЛДГК при низькому та середньому ступені ригідності грудної клітки показана «level technique», а при високому її ступені- «sandwich technique».

6.2. Результати хірургічного лікування при різних анатомічних типах ЛДГК

У рамках дослідження проведено хірургічне лікування 110 пацієнтам із ЛДГК. Оцінені результати корекції при використанні класичної методики Nuss та запропонованих модифікацій MIRPE .

6.2.1 Результати хірургічного лікування симетричного класичного типу ЛДГК (ІА за Park)

А) Анатомічний варіант без ДФРД- виконана базова операція Nuss у 15 випадках – в усіх (100,00%) отримана повна корекція ЛДГК.

Б) Анатомічний варіант із двобічною ПРД: 1(12,50 %) пацієнт прооперований за класичною методикою Nuss – залишилася не скоригованою двобічна ПРД; 3(37,50%) пацієнти астеничної тілобудови вилікувалися з приводу залишкової ПРД; 4(50,00%) пацієнтам нормостеничної тілобудови хірургічне втручання було доповнене технікою «flare buster» - в усіх отримано повну корекцію.

В) Анатомічний варіант, поєднаний із двобічною ДРД: 2(22,22 %) пацієнтам виконана класична процедура Nuss – залишилася не скоригована двобічна ДРД; 7 пацієнтів прооперовані «Х»-типом розташування пластин із повною корекцією.

Г) Анатомічний варіант, поєднаний із двобічною КДФРД: 3(27,27%) пацієнти прооперовані за базовою технікою Nuss – залишилася не скоригована двобічна КДФРД; 8(72,72%) пацієнтам проведена MIRPE із «Х»-типом розташування пластин, доповнена технікою «flare buster» - визначена залишкова ПРД.

Таким чином, при симетричному класичному типі ЛДГК, лише анатомічний варіант без ДФРД повністю скоригований класичною операцією Nuss в усіх 6(100%) випадках; при її використанні у пацієнтів із іншими анатомічними варіантами цього типу ЛДГК зафіксовані залишкові ДФРД. Натомість, при застосування адаптованих підходів до корекції кожного із анатомічних варіантів даного типу ЛДГК, що були використані у 22 випадках, в усіх (100,00%) отримана повна корекція.

6.2.2 Результати хірургічного лікування симетричного широкого плаского типу ЛДГК (ІВ за Park)

А) Анатомічний варіант без ДФРД - виконана класична операція Nuss у 5 випадках – (100,00%) отримана повна корекція деформації.

Б) Анатомічний варіант, поєднаний із двобічною ДРД – в усіх 3(100,00%) випадках виконана MIRPE із «ІХ»-типом розміщення пластин. Отримана повна корекція.

В) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною ДРД: 2(50,00%) пацієнтам виконана класична операція Nuss із імплантацією двох пластин – ДРД не скоригована; два пацієнти (50,00%) оперовані за адаптованою технікою MIRPE із «V» та «I/»- типами розташування пластин – досягнута повна корекція.

Таким чином, при симетричному широкому пласкому типі ЛДГК лише анатомічний варіант без ДРД може бути успішно скоригований класичною операцією Nuss (41,67%); пацієнти із ДФРД у 5(71,43%) пацієнтів, яким було використана кастомізована MIRPE, мали повну корекцію деформації в усіх випадках; у 2(28,57%) пацієнтів із поєднаною ДФРД, яким була виконана базова операція Nuss, відзначена залишкова ДРД.

6.2.3 Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного локального типу (ІА1 за Park)

А) Анатомічний варіант без ДФРД - виконана класична операція Nuss у 4 випадках; у 100,00% отримана повна корекція.

Б) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною ДРД: 2(33,33%) пацієнтам виконана класична операція Nuss із імплантацією «ІІ»-типом імплантації пластин – ДРД не скоригована; 4(66,67%) пацієнти оперовані за модифікованою технікою MIRPE із «/»-типом розташування пластин – досягнута повна корекція.

В) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною КДФРД: 2(50,00%) пацієнти прооперовані за базовою методикою Nuss – ДФРД не скоригована; 2(50,00 %) пацієнтам виконана адаптована MIRPE із «/»-розташуванням пластини, у обох залишилася не скоригованою ПРД (одному проведено ортезне лікування).

Отже, при лікуванні асиметричного ексцентричного локального типу ЛДГК без ДФРД для повної корекції показана класична операція Nuss, у решті випадків – адаптований варіант MIRPE із «/»-типом розташування пластини. Залишкова ПРД,

що не коригується під час операції, залишається лише при анатомічному варіанті із КДФРД, може бути успішно вилікувана ортезуванням.

6.2.4 Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного широкого плаского типу (ПА2 за Park)

А) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною ДРД: прооперовані 3 пацієнти за кастомізованою методикою із «//» та «I/»-типами розташування коригувальних пластин – отримана в усіх випадках (100%) повна корекція.

Б) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною КДФРД: 2(50,00%) пацієнти прооперовані за базовою методикою Nuss – ДФРД не скоригована; 1 пацієнту виконана адаптована MIRPE із «//»-типом розташування пластин - зафіксована залишкова ПРД.

Таким чином, при лікуванні асиметричного ексцентричного широкого плаского типу ЛДГК показана адаптована MIRPE із «//» та «I/»-типами розташування пластини. Залишкова ПРД може бути вилікувана ортезуванням.

6.2.5 Результати хірургічного лікування асиметричного ексцентричного довгого глибокого типу «Grand Canyon» (ПА3 за Park)

А) Анатомічний варіант, поєднаний із двобічною ДРД: прооперовано 2 пацієнти за адаптованою технікою із «IX»-типом розташування пластин – у обох (100,00%) досягнута повна корекція.

Б) Анатомічний варіант, поєднаний із двобічною КДФРД: 2(66,67%) пацієнти оперовані за адаптованою методикою із «IX»-типом розташування пластин, доповненою «flare buster»; у обох (100%) досягнута повна корекція; 1 пацієнту виконана базова техніка Nuss із використанням двох пластин, результат - відсутність корекції ПРД та невелика залишкова ЛДГК між пластинами.

В) Анатомічний варіант, поєднаний із однобічною ПРД – проведено хірургічне втручання двом пацієнтам за класичною методикою Nuss «II»-типом розташування пластин, наслідком операції стала залишкова ПРД та невелика залишкова ЛДГК між пластинами у 2(100%) випадках.

Г) Анатомічний варіант без ДФРД: прооперовано два пацієнти за класичною методикою Nuss, отримана повна корекція деформації.

6.2.6 Результати хірургічного лікування асиметричного незбалансованого типу (ПВ за Park)

Даний тип ЛДГК має один анатомічний варіант – із однобічною ДРД: за класичною методикою Nuss оперовані 4 пацієнти, у 100% не відбулась корекція ДРД та визначалась залишкова ЛДГК (у одному випадку – помірна); за модифікованою методикою із «/»-розташуванням пластини прооперовано 11 пацієнтів, серед яких у 1 зафіксована залишкова ЛДГК та ДРД (9,10%); у 1(9,10%) – залишкова ДРД.

З огляду на отримані результати, при лікуванні асиметричного незбалансованого типу ЛДГК слід схилитися до проведення корекції адаптованим варіантом MIRPE із «/»-типом розташування пластини.

6.2.7 Результати хірургічного лікування асиметричного комбінованого типу (ПС за Park)

А) Анатомічний варіант із однобічною ДРД: 1(16,67%) пацієнт прооперований за класичною технікою Nuss – відзначена залишкова ЛДГК та залишкова ДРД; 4(83,33%) пацієнтам виконана «важільна техніка», із них у 2(50,00%) визначалась повна корекція, а у 2(50,00%) пацієнтів із високим ступенем ригідності грудної клітки залишилася невелика кілевидна деформація; 1 пацієнту із високим ступенем ригідності ЛДГК виконана «sandwich technique» - досягнута повна корекція.

Б) Анатомічний варіант із однобічною КДФРД: 1(33,33 %) пацієнт оперований за базовою технікою Nuss – визначена помірна залишкова ЛДГК та відсутність корекції ДРД; 2(66,67%) пацієнтам виконана адаптована MIRPE із типом «/» розташування пластини - отримана повна корекція ЛДГК, але в обох випадках мала місце залишкова ПРД – обидві дитини вилікувані ортезами.

Проаналізувавши отримані дані, можна стверджувати, що асиметричний комбінований тип ЛДГК є найскладнішим у корекції; класична операція Nuss не приводить до повної корекції; пацієнтам із середнім та низьким ступенем ригідності показана MIRPE за «важільною технікою», а за наявності високого ступеня ригідності грудної клітки – «sandwich technique» за Park.

6.3 Аналіз отриманих результатів хірургічного лікування

Відзначено, що при усіх анатомічних варіантах ЛДГК із наявністю будь-яких видів ДФРД реєструвалися випадки неповної корекції при використанні класичної

техніки Nuss. Тобто, 76,36% відсотків пацієнтів потребували зміни базової техніки.

Повна корекція ЛДГК досягнута із використанням базової техніки Nuss «I» або «II»-типами розташування пластин в усіх пацієнтів лише за умови відсутності вихідної ДФРД при таких типах деформації: IA – 15 пацієнтів, IB – 5 пацієнтів, ПА1 – 4 пацієнти, ПА3 – 2 пацієнти; разом - 26(23,64%) пацієнтів.

Для порівняння результатів лікування серед решти 84(76,36 %) пацієнтів виділені дві групи: перша – пацієнти, котрим була виконана операція за базовою технікою Nuss; друга – пацієнти, яким виконана адаптована MIRPE. Класична техніка Nuss виконувалась на початковому етапі дослідження, у подальшому використані диференційовані підходи до кожного анатомічного варіанту ЛДГК.

У першу групу увійшли: 9 пацієнтів із типом деформації IA за Park (із двобічною ПРД – 4; із двобічною ДРД – 2; із двобічною КДФРД – 3); 2 пацієнти із типом ЛДГК IB за Park із однобічною ДРД; 2 пацієнти із типом ЛДГК ПА1 за Park із однобічною ДРД; 2 пацієнти із типом деформації ПА1 за Park із однобічною КДФРД; 2 пацієнти із типом деформації ПА2 за Park із однобічною ДРД; 3 пацієнти із типом ЛДГК ПА3 за Park (1 – із двобічною КДРД та 2 – із однобічною ПРД); 4 пацієнти із типом деформації IB за Park із однобічною ДРД; 2 пацієнти із типом ЛДГК IC за Park (1 – із однобічною ДРД; 1 із однобічною КДРД). Усього – 26(30,95%) пацієнтів.

До другої групи увійшли: 19 пацієнтів із типом деформації IA за Park (із двобічною ПРД - 4; із двобічною ДРД – 7 ; із двобічною КДФРД – 8); 5 пацієнтів із типом ЛДГК IB за Park (із однобічною ДРД – 2; із двобічною ДРД – 3) ; 6 пацієнтів із типом деформації ПА1 за Park (4 - із однобічною ДРД; 2 – із однобічною КДРД); 4 пацієнти із типом деформації ПА2 за Park (3 - із однобічною ДРД, 2 – із однобічною КДФРД); 4 пацієнти із типом ЛДГК ПА3 за Park (2 – із двобічною КДФРД та 2 – із двобічною ДРД); 11 пацієнтів із типом ЛДГК IB за Park із однобічною ДРД; 9 пацієнтів із типом ЛДГК IC за Park (7 – із однобічною ДРД та 2 - із однобічною КДФРД). Усього – 58(69,05%) пацієнтів.

Аналіз отриманих результатів за методом хірургічної корекції передбачав порівняння результатів виконання операції для пацієнтів, у яких була виконана корекція ЛДГК із використанням класичної операції Nuss (перша група 26 пацієнтів)

та адаптованих варіантів MIRPE (друга група 58 пацієнтів). У першій групі було зафіксовано 31 залишкова деформація, у той час як у другій - лише 7. Залишкові деформації по усіх пацієнтах обох груп внесені до табл. 6.4 та 6.5.

Таблиця 6.4

Випадки неповної корекції . Група 1

Номер випадку в групі	Однобічна депресія реберних дуг	Однобічна протрузія реберних дуг	Однобічна комбінована деформація реберних дуг	Двобічна комбінована деформація реберних дуг	Двобічна депресія реберних дуг	Двобічна протрузія реберних дуг	ЛДЖК	Клівидна порція деформації	Разом
1						1			1
2						1			1
3						1			1
4						1			1
5					1				1
6					1				1
7				1					1
8				1					1
9				1					1
10		1							1
11		1							1
12	1								1
13	1								1
14			1						1
15			1						1
16			1						1
17			1						1
18				1			1		2
19		1							1
20		1							1
21	1						1		2
22	1						1		2
23	1								1
24	1								1
25			1					1	2
26	1							1	2
Разом	7	4	5	4	2	4	3	2	31

Таблиця 6.5

Випадки неповної корекції. Група 2

Номер випадку в групі	Однобічна депресія реберних дуг	Однобічна протрузія реберних дуг	Однобічна комбінована деформація реберних дуг	Двобічна комбінована деформація реберних дуг	Двобічна депресія реберних дуг	Двобічна протрузія реберних дуг	ЛДГК	Клівидна порція деформації	Разом
1 - 25									0
26		1							1
27									0
28		1							1
29									0
30									0
31									0
32		1							1
33 - 50									0
51								1	1
52									0
53									0
54								1	1
55		1							1
56									0
57									0
58		1							1
Разом	0	5	0	0	0	0	0	2	7

Для підтвердження наявності значимих відмінностей було використано непараметричний критерій Краскела-Уоллеса. Це пов'язано з тим, що кожна група не відповідає нормальному розподілу та має різну кількість респондентів, а отже необхідно застосовувати непараметричні критерії.

Оскільки найбільш інформативним є останній стовпчик таблиць 6.4 та 6.5, який відображає кількість залишкових деформацій, виявлених у пацієнтів на оглядах після корекції грудної клітини при класичному та кастомізованому підходах саме за цими даними було перевірено наступні статистичні гіпотези.

Нульова гіпотеза H_0 . Розподіл залишкових деформацій при класичному та кастомізованому підходах корекції ЛДГК у отриманих незалежних вибірках не відрізняється у представлених групах, а виявлені невідповідності є випадковими.

Альтернативна гіпотеза H_1 . Розподіл залишкових деформацій при базовому та диференційованих варіантах MIRPE у отриманих незалежних вибірках

відрізняється у представлених групах, а виявлені невідповідності є закономірними.

Розрахунок критерію Краскела-Уоллеса було здійснено за наступною програмою, яка створена мовою R. Усі значення було перенесено у таблицю Excel.

```
library('openxlsx')
file = file.choose()
tab <- read.xlsx(file, sheet = 1, startRow = 1, colNames = TRUE,
rowNames = FALSE)
V1 <- c(tab$G1)
V2 <- c(tab$G2)
kruskal.test(list(V1, V2))
```

Результат виконання обрахунків :

```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: list(V1, V2)
Kruskal-Wallis chi-squared = 58.66, df = 1, p-value = 1.874e-14
```

Виходячи з отриманих результатів маємо, що $p\text{-value} = 1.874e-14$, що значно менше від 0,01. Тобто однозначно відкидається нульова гіпотеза та приймається альтернативна: *Розподіл залишкових деформацій при базовій та адаптованих варіантах MIRPE у отриманих незалежних вибірках відрізняється у представлених групах, а виявлені невідповідності є закономірними.*

Отже, у першій групі пацієнтів при використанні базової техніки має місце високий рівень залишкових деформацій після операції – 1,19 залишкових деформацій на випадок; лише у 9 випадках (23,03%) вона може бути вилікувана в ортезі (одно- чи двобічна ПРД); хірургічне лікування при таких деформаціях не показане, тому естетичні дефекти є по життєвими, натомість, хірургічне лікування із використанням адаптованих підходів до корекції кожного анатомічного варіанту ЛДГК є ефективним, рівень залишкових деформацій у 9,92 рази нижчий, ніж при виконанні класичної операції Nuss (табл. 6.6).

Таблиця 6.6

Випадки неповної корекції при проведенні MIRPE

Група пацієнтів	Тип неповної корекції																	
	Однобічна депресія реберних дуг		Однобічна протрузія реберних дуг		Однобічна комбінована деформація реберних дуг		Двобічна комбінована деформація реберних дуг		Двобічна депресія реберних дуг		Двобічна протрузія реберних дуг		ЛДГК		Кілеводна порція деформації		Разом	Залишкових деформацій / випадок
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%		
I	7	26,92	4	15,38	5	19,23	4	15,38	2	7,69	4	15,38	3	11,54	2	7,69	31	1,19
II	-	-	5	8,62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3,45	7	0,12

Структура залишкових деформацій є різною: так, у першій групі пацієнтів найчастішою залишковою деформацією є однобічна ДРД (26,92%), однобічна КДФРД (19,23%); у другій групі пацієнтів із 7 випадків наявності залишкових післяопераційних деформацій 5(71,43%) є однобічною ПРД, котра за бажанням пацієнта може бути вилікувана у ортезі, що й було проведено у 3 пацієнтів. Ортоотичне лікування було ефективним в усіх пацієнтів. Пацієнтам, які не мають бажання лікуватися в ортезі після операції з метою корекції ПРД, можна пропонувати доповнення операції технікою «flare buster» із додатковим доступом - у дослідженні таких пацієнтів не було.

У другій групі серед пацієнтів із комбінованим асиметричним типом визначено 2(33,33%) випадки серед прооперованих методом «важільної техніки» залишкової кілеводної деформації – у обох пацієнтів визначений високий ступінь ригідності грудної клітки, тому даний тип хірургічного втручання не повинен бути методом вибору при лікуванні даного варіанту ЛДГК із високим ступенем ригідності грудної клітки – у такому разі варто обирати «sandwich technique».

6.4 Рекомендації щодо диференційованого вибору варіанту MIRPE

На основі отриманих результатів із метою отримання кращих результатів хірургічного лікування розроблені рекомендації щодо вибору варіанту оперативного втручання у залежності від анатомічного варіанту ЛДГК

Симетричний класичний тип (ІА за Park):

- без ДРД– базова техніка Nuss із імплантацією однієї пластини;
- двобічна комбінована деформація реберних дуг – «Х»- розташування пластин + техніка “flare buster”;
- двобічна ДРД- «Х» - розташування пластин ;
- двобічна ПРД: за нормостенічної тілобудови- базова техніка Nuss, техніка “flare buster”; при астенічній тілобудові– післяопераційне ортезне лікування у ІДКБС.

Симетричний широкий плаский (І В за Park):

- без ДФРД- базова техніка Nuss із імплантацією двох пластини, «ІІ тип» ;
- двобічна ДРД- «ІХ» - тип розташування пластин;
- однобічна ДРД- «V», «I/» та «//» типи розташування пластин у залежності від анатомічних умов.

Асиметричний ексцентричний локальний (ІІ А 1 за Park):

- однобічна КДФРД– «//»- тип розташування пластини + техніка “flare buster” із додатковим розрізом або післяопераційне ортезне лікування на вибір пацієнта;
- однобічна ДРД- «//»- тип розташування пластини.

Асиметричний ексцентричний широкий плаский (ІІ А 2 за Park):

- однобічна КДФРД- «V», «I/» та «//»- типи розташування пластин у залежності від анатомічних умов + техніка “flare buster” із додатковим розрізом або післяопераційне ортезне лікування на вибір пацієнта;
- однобічна ДРД- «V», «I/» та «//»- типи розташування пластин у залежності від анатомічних умов.

Асиметричний ексцентричний довгий глибокий, «Grand Canyon»

(ІІ А 3 за Park):

- без ДФРД- базова техніка Nuss із імплантацією двох пластини («тип ІІ»), при великому верхньонижньому розмірі ЛДГК - «ІХ»- тип розташування пластин;
- двобічна КДФРД– «ІХ»- розташування пластин + техніка “flare buster”;
- двобічна ДРД- «ІХ»- тип розташування пластин;
- однобічна ПРД- базова техніка Nuss із імплантацією двох пластин («тип ІІ»), а при великому верхньонижньому розмірі ЛДГК- «ІХ»- тип розташування пластин; для корекції ПРД- техніка “flare buster” із додатковим розрізом або післяопераційне

ортезне лікування на вибір пацієнта.

Асиметричний незбалансований (П В за Park) :

- однобічна ДРД– «/» - тип розташування пластини.

Асиметричний комбінований тип (П С за Park):

- однобічна ДРД– «важільна техніка» при низькому та середньому ступенях ригідності грудної клітки, «sandwich technique» при високому її ступені;

- однобічна КДРД– «важільна техніка» при низькому та середньому ступенях ригідності грудної клітки, «sandwich technique» при високому ступені ригідності грудної клітки, для корекції ПРД- техніка “flare buster” із додатковим розрізом або післяопераційне ортезне лікування на вибір пацієнта;

- однобічна ПРД– «важільна техніка» при низькому та середньому ступенях ригідності грудної клітки, «sandwich technique» при високому ступені ригідності грудної клітки, для корекції ПРД- техніка “flare buster” із додатковим розрізом або післяопераційне ортезне лікування на вибір пацієнта.

Висновки до розділу

ЛДГК – вада розвитку, що має багато анатомічних варіантів, кожен із яких потребує особливого варіанту хірургічного втручання із його ретельним плануванням, оскільки базова операція Nuss із імплантацією однієї або двох коригувальних пластин повністю усуває усі елементи деформації лише у 23,6% пацієнтів.

Запропоновані підходи до тракції передньої грудної стінки при різних анатомічних варіантах деформації дають можливість не лише безпечно маніпулювати у загрудинному просторі, але й досягати кращої корекції.

Використані схеми проведення та розташування пластин, фіксації стабілізаторів у комплексі із базовою або вдосконаленою системою TERCOM для різних варіантів ЛДГК дозволяють досягати повної корекції усіх елементів деформації майже в усіх випадках.

Запропоноване розширення класифікації ЛДГК за Park із врахуванням типу ДФРД дозволяє обирати тип хірургічного втручання згідно розроблених рекомендацій, а запропонована класифікація типів розташування пластин дозволяє

унаочнити цей алгоритм. Запропоновані нові типи розташування пласти «//», «V», «I/» дозволяють у деяких випадках скоригувати компоненти деформації, які були б без їхнього використання не скориговані.

Запропонована «важлива техніка» («level technique») у випадках із низьким та середнім ступенем ригідності грудної клітки може бути методом вибору при лікуванні комбінованого асиметричного типу ЛДГК.

За матеріалами розділу опубліковано:

1. V. R. Zarembo , O. A. Danylov Surgical approach to treatment of asymmetric pectus excavatum in children *Paediatric surgery (Ukraine)*.2022. 1(74):27-33; doi 10.15574/PS.2022.74.27 .

2. О.А. Данилов , В.Р. Заремба Диференційний підхід до хірургічної корекції вродженої ліycopодібної деформації грудної клітки в дітей *Paediatric surgery (Ukraine)*.2022 . 4(73):87-89; doi 10.15574/PS.2021.73.87.

3. Заремба В. Р., Данилов О. А., Шульга Д. І., Доценко М. О., Курочкін О. С. Порівняльна характеристика консервативного та хірургічного лікування кільцоподібної деформації грудної клітки у дітей *Paediatric surgery (Ukraine)*.2018. 2018.3(60):18-29; doi 10.15574/ps.2018.60.18.

4. Заремба В. Р., Доценко М. О., Бондаренко Є. О. Модифікація методу Мартінеза–Ферро у лікуванні кільцоподібної деформації грудної клітки у дітей *Paediatric Surgery (Ukraine)*.2017. 2(55):19-26; doi10.15574/PS.2017.55.19.

5. Данилов О. А., Заремба В. Р., Шульга О. В. (2024) Вторинні порушення форми грудної клітки після корекції ліycopодібної деформації за методом Nuss *Paediatric Surgery (Ukraine)* 2(83): 19-26. doi: 10.15574/PS.2024.83.19

ВИСНОВКИ

1. При аналізі ефективності лікування ЛДГК із використанням ВД встановлено: консервативне лікування ефективне у 79,14% випадків, причому його ефективність його прогресивно зменшується із збільшенням віку пацієнтів та ступеня деформації (100% ефективне у пацієнтів 5-8 років із I ступенем ЛДГК та 33,33% - у групі пацієнтів 13-16 рр. із III ступенем ЛДГК); методом прогнозування ефективності лікування ЛДГК у ВД є рівень підняття передньої грудної стінки у термін 6 місяців від початку лікування, причому продовження терапії прогнозовано ефективне за умови досягнення наступних рівнів підйому грудної стінки у групі 5-8 рр.- $16,03 \pm 1,7$ мм; 9-12 рр.- $17,03 \pm 1,5$ мм; 13-16 рр.- $13,29 \text{ мм} \pm 1,3$ мм; понад 17р.- $8,7 \text{ мм} \pm 1,2$ мм, у протилежному випадку потрібна конверсія на хірургічну корекцію. Вивчення результатів астосування терапії ВД як етапу передопераційної підготовки дозволило знизити післяопераційний біль за шкалою NRSP через добу після операції 28,52%- 22,76%; на 4-5 добу – на 20,26% - 18,4% у залежності від ступеня ЛДГК у порівнянні із пацієнтами, яким вакуумування не проводилося. Серед пацієнтів, яким проводилася терапія ВД, площа входу в деформацію зменшилася у 62,25 -54,17 % пацієнтів у залежності від ступеня ЛДГК; а хірургічне втручання 12 пацієнтам (66,67 %) виконане із використанням однієї коригувальної пластини.

2. Прогин пластини та КЗМ були вивчені математичним моделюванням та експериментальним дослідженням. Встановило, КЗМ титанових пластин шириною 12, 15 та 17 мм товщиною 2,2 мм є досить високим і становить від 17,52 до 36,49 за умови жорсткого кріплення кінців пластини до ребер із обох сторін. Для пацієнтів 9-11 рр оптимальними є розміри коригувальних пластин $280 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм та $300 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм; для пацієнтів 12-14 р.- $300 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм; $320 \cdot 12 \cdot 2,2$ мм; $340 \cdot 15 \cdot 2,2$ мм; для пацієнтів 15-17 р.- дві пластини $360 \cdot 15 \cdot 2,2$ та $360 \cdot 17 \cdot 2,2$.

3. Розроблений комплекс заходів профілактики ускладнень операції Nuss, що включає у себе поетапну тривала тракцію грудино-реберного комплексу, за показаннями – багатоточкову тракцію; дотримання деяких правил проведення

ШВЛ; торакоскопію із ергономічним розташуванням торакопортів; ретростернальну тунелізацію без використання інтрод'юсера; жорстку субокісну фіксацію стабілізаторів пластини до ребер лавсановою тасьмою; ретельну розмітку операційного поля; модифікацію пластини системою TERCOM; використання вдосконаленої конструкції титанової пластини; правильного положенням пацієнта на операційному столі дозволив у 100% уникнути травми органів межистіння, досягти рівня післяопераційного пневмотораксу у 0,91%.

4. Клінічний аналіз результатів проведених операцій встановив, що базова техніка операції Nuss була достатньою для корекції усіх проявів ЛДГК лише за умови відсутності вихідної ДФРД при таких типах деформації: ІА, ІВ, ІІА1, ІІА3, що спостерігались у 26(23,64%) пацієнтів. Модифікації MIRPE, адаптовані до кожного із видів розширеної класифікації Park у решти 84(76,36%) пацієнтів показала низьку частоту залишкових деформацій (0,12 проти 1,19 у пацієнтів, котрим виконана класична операція Nuss), причому залишкові деформації у пацієнтів, котрі були оперовані за адаптованими техніками, у 5 випадках (71,43%) були представлені однобічною ПРД, котра може бути скоригована ортезним лікуванням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abbasian N, Clay SJ, Batra M, Walter CM, Olbrecht VA, Mecoli M, Lee CS, Nair M, Huq A, Simpson BE, Brown RL, Garcia VF, Chidambaran V. Multimodal continuous ambulatory erector spinae catheter pain protocol for early recovery following Nuss procedure: a retrospective cohort study. *Reg Anesth Pain Med.* 2022Jul;47(7):421-423. doi: 10.1136/rapm-2021-103246. Epub 2022 Jan 27. PMID: 35086901.
2. Adkins PC, Blades B. A stainless-steel strut for correction of pectus excavatum. *Surg Gynecol Obstet* 1961; 113: 111-113
3. Akhtar M, Razick DI, Saeed A, Baig O, Kamran R, Ansari U, Sajid Z, Rahman JE. Complications and Outcomes of the Nuss Procedure in Adult Patients: A Systematic Review. *Cureus.* 2023 Feb 20;15(2):e35204. doi:10.7759/cureus.35204. PMID:36960268; PMCID: PMC10031548.
4. Alaca N, Alaca I, Yüksel M. Physiotherapy in addition to vacuum bell therapy in patients with pectus excavatum. [Internet]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020; 31(5):650-656. Available from: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa161>.
5. Anbarasu CR, Mehl SC, Sun RC, Portuondo JI, Espinoza AF, Whitlock RS, Shah SR, Rodriguez JR, Nuchtern JG, Minifee PK, Le LD, Stafford SJ, Milewicz AL, Mazziotti MV. Variations in Nuss Procedure Operative Techniques and Complications: A Retrospective Review. *Eur J Pediatr Surg.* 2022 Aug;32(4):357-362. doi: 10.1055/s-0041-1735164. Epub 2021 Sep 24. PMID:34560787.
6. Beati F, Frediani S, Pardi V, Aloï I, Bertocchini A, Accinni A, Inserra A. Case report-Every thoracic surgeon's nightmare: cardiac and lung perforation during placement of Nuss bar for pectus excavatum. *Front Pediatr.* 2023 Sep 1;11:1241273. doi: 10.3389/fped.2023.1241273. PMID: 37744443; PMCID: PMC10513049.
7. Belgacem A, Tricard J, Dutoit A, Grosos C, Auditeau E, Masselin MC, Fourcade L, Ballouhey Q. Efficiency of non-operative management for pectus deformities in children using an X-ray-free protocol. *Interdiscip Cardiovasc Thorac Surg.* 2023;36(6):ivad093. Available from: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivad093>.

8. Ben XS, Deng C, Tian D, Tang JM, Xie L, Ye X, Zhou ZH, Zhou HY, Zhang DK, Shi RQ, Qiao GB, Chen G. Multiple-bar Nuss operation: an individualized treatment scheme for patients with significantly asymmetric pectus excavatum. *JThorac Dis.* 2020 Mar;12(3):949-955. doi: 10.21037/jtd.2019.12.43. PMID: 32274163; PMCID: PMC7139081.
9. Bodenstein L, Notrica DM. Use of a Capture-Guidance Surgical Instrument to Minimize Muscle Stripping During Nuss Repair of Pectus Excavatum. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2019 Jun;29(6):865-868. doi:10.1089/lap.2018.0407. Epub 2019 Apr 4. PMID: 30946004.
10. Bouchard ME, Petrosyan M, Kane TD. Case series of metal allergy following Nuss procedure: Not only for stainless steel bars. *J Pediatr Surg.* 2021 Nov;56(11):1976-1981. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.01.008. Epub 2021 Jan 16. PMID: 33487461.
11. Breglio AM, Fitzgerald TN, Moore CB, Einhorn LM. Evaluation of Analgesic Practice Changes Following the Nuss Procedure in Pediatric Patients. *J Surg Res.* 2023 Nov;291:289-295. doi: 10.1016/j.jss.2023.06.018. Epub 2023 Jul 21. PMID:37481964; PMCID: PMC10528185.
12. Briscoe WE, Miles MVP, Byers B, Rippy M, Smith L. Management of Internal Mammary Artery Injuries Associated With the Nuss Procedure. *Am Surg.* 2023 Aug;89(8):3503-3504. doi: 10.1177/00031348231161696. Epub 2023 Mar 7. PMID: 36881966.
13. Brochhausen C, Turial S, Müller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM, Schier F, Kirkpatrick CJ. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;14(6):801-6. doi: 10.1093/icvts/ivs04.
14. Bundrant NT, Sayrs LW, Ostlie D, Lee J, Egan C, Molitor M, Notrica D, Padilla B. Infectious complications of intercostal nerve cryoablation mediated by perioperative hypothermia during pediatric Nuss procedure. *J Pediatr Surg.* 2022 Jun;57(6):1083-1086. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.01.044. Epub 2022 Feb 15. PMID: 35232599
15. Cafarotti S, Memoli E, Patella M, Rugel G, Minerva EM, Mendoza CM, Tessitore A, Hamitaga F. Uniportal VATS for pectus excavatum: the Southern Switzerland experience. *Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2020 Sep;24(17):9008-9011. doi: 10.26355/eurrev_202009_22843. PMID: 32964990.

16. Chen HYM, Cheng WYR, Chan H, Ng WS. Associated risk factors for patients undergoing a unique or double Nuss bar placement for pectus excavatum. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2023 Mar;31(3):221-228. doi:10.1177/02184923221142165. Epub 2022 Nov 29. PMID: 36447441.
17. Chidambaran V, Garcia VF, Brown RL. Are We Ready for Cryoablation in Children Undergoing Nuss Procedures? *Anesth Analg.* 2022 Apr 1; 134(4):881-884. doi: 10.1213/ANE.0000000000005857. PMID: 35299214.
18. Clermidy H, Nerot A, Chappuy B, Herault MC, Frey G, Brichon PY Treatment for Anterior Flail Chest With a Vacuum Bell. *Ann Thorac Surg.* 2020;110(1):e55-e57. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.10.065>.
19. Coughlin AC, Ahsanuddin S, Inglesby D, Fox C, Xu H, Margulies I, Sayegh F, Soudant C, Sacks HS, Kaufman A, Taub PJ. "When to Nuss? patient age as a risk factor for complications of minimally invasive repair of pectus excavatum: a systematic review and meta-analysis". *Pediatr Surg Int.* 2022 Mar;38(3):365-375. doi: 10.1007/s00383-021-05049-z. Epub 2022 Jan 10. PMID: 35006367.
20. Cujíño-Álvarez IF, Torres-Salazar D, Velásquez-Galvis M. Cardiorespiratory arrest during and after nuss procedure: case report. *J Cardiothorac Surg.* 2023 Apr 28;18(1):166. doi: 10.1186/s13019-023-02262-w. PMID: 37118746; PMCID: PMC10148508.
21. de Loos ER, Daemen JHT, Coorens NA, Maessen JG, Vissers YLJ, Hulsewé KWE. Sternal elevation by the crane technique during pectus excavatum repair: A quantitative analysis. *JTCVS Tech.* 2021 Jul 17;9:167-175. doi:10.1016/j.xjtc.2021.05.028. PMID: 34647091; PMCID: PMC8501226.
22. de Loos ER, Daemen JHT, Pennings AJ, Heuts S, Maessen JG, Hulsewé KWE, Vissers YLJ. Minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure: The learning curve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022 Mar;163(3):828-837.e4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.11.154. Epub 2020 Dec 10. PMID: 33478832.
23. de Loos ER, Höppener PF, Busari JO, Lenderink T, Hulsewé KWE, Vissers YLJ. Pectus excavatum: not just a cosmetic problem. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 2020;164:D4509.

24. Delgado-Miguel C, Miguel-Ferrero M, Muñoz-Serrano A, Díaz M, López-Gutiérrez JC, Torre C. The Use of Acellular Dermal Matrix (Integra Single Layer) for the Correction of Malformative Chest Wall Deformities: First Case Series Reported. *Surg J (N Y)*. 2022 Aug 16;8(3):e187-e191. doi: 10.1055/s-0042-1755622. PMID:35991489; PMCID: PMC9381360.
25. Deng X, Huang P, Luo J, Wang J, Yi L, Yang, G, Li X, Xiang S. A novel three-dimensional printed vacuum bell for pectus excavatum treatment: a preliminary study [Internet]. *J Cardiothorac Surg*. 2020;15(1):240. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13019-020-01276-y>.
26. Deng X, Liu P, Wang J, Yi L, Huang P. An Auxiliary Subxiphoid Incision in Nuss Procedure for the Treatment of Complex Pectus Excavatum. *J Coll Physicians Surg Pak*. 2020 Mar;30(3):335-337. doi:10.29271/jcpsp.2020.03.335. PMID:32169150.
27. Dorner, E. A., Keil, P. G., and Schissel, D. J.: Pectus Excavatum. Case Report With Pre- and Postoperative Angiocardiographic Studies, *J. THORACIC SURG*. 20: 444, 1950.
28. Doucha M, Kučerová B, Newland N, Vyhnánek M, Rygl M, Koucky V, Pohunek P, Šnajdauf J. Treatment of the congenital thoracic deformity pectus excavatum. *Rozhl Chir*. 2024;102(9):352-355. Available from: <https://doi.org/10.33699/PIS.2023.102.9.352-355>.
29. Ermerak NO, Yuksel M. Modification of the Nuss procedure: the crossed bar technique for new subtypes of pectus excavatum. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2023 Oct;71(10):577-583. doi: 10.1007/s11748-023-01940-9. Epub 2023 May 14. PMID:37179507.
30. Estefanía K, Serradilla J, Ramirez C, Velayos M, Muñoz-Serrano AJ, Durán P, Fernández C, Hernandez F, De la Torre C. Rhabdomyolysis following Nuss Procedure A Prospective Study in Children. *Eur J Pediatr Surg*. 2023 Feb;33(1):35-40. doi: 10.1055/a-1939-3891. Epub 2022 Sep 8. PMID: 36075369.
31. Esteva Miró C, Núñez García B, Pérez-Gaspar M, Santiago Martínez S, Jiménez Gómez J, Betancourth Alvarenga JE, Jiménez-Arribas P, Álvarez García N. Applicability of Clavien-Dindo classification in Nuss procedure surgical

- complications. *Cir Pediatr*. 2020 Oct 1;33(4):154-159. English, Spanish. PMID: 33016653.
32. Eubanks AL, Grabski DF, Pollack J, Levin DE, McGahren E, Martin LW, Gander J. A multimodal protocol utilizing liposomal bupivacaine rib blocks leads to opioid reduction in patients undergoing the Nuss procedure. *J Thorac Dis*. 2021 Nov;13(11):6363-6372. doi: 10.21037/jtd-21-1314. PMID: 34992816; PMCID: PMC8662494.
33. Evman S, Derdiyok O, Baysungur V. Nuss procedure without videothoracoscopy. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2021 Oct 20;29(4):559-561. doi:10.5606/tgkdc.dergisi.2021.21092. PMID: 35096458; PMCID: PMC8762904.
34. Fontoura-Matias J, Pereira-Nunes J, Vasconcelos-Castro S, Gomes N, Cunha AP, Soares-Oliveira M. Nickel Allergy After a Negative Test Result Following Nuss Procedure for Pectus Excavatum: a Case Report. *Port J Card Thorac Vasc Surg*. 2023 Jan 14;29(4):59-60. doi: 10.48729/pjctvs.257. PMID: 36640288.
35. Fournier A, Fron D, Bonnevalle M, Herbaux B, Mezel A, Nectoux E. Original bar fixation technique in minimally invasive repair of pectus excavatum in adolescents: A 36-case series. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2020 Feb;106(1):155-157. doi: 10.1016/j.otsr.2019.10.007. Epub 2020 Jan 14. PMID: 31948876.
36. Fujita S, Matsushima T, Iio K, Shimotakahara A, Hataya H. Subacute cardiac tamponade after the Nuss procedure for pectus excavatum. *Pediatr Int*. 2022 Jan;64(1):e14698. doi: 10.1111/ped.14698. Epub 2021 Sep 22. PMID: 34549477.
37. Furuta S, Nagae H, Ohyama K, Tanaka K, Kitagawa H. The vacuum treatment for the pectus excavatum thickened subcutaneous fat of the chest wall and is effective in preteenagers. [Internet]. *Pediatr Surg Int*. 2020;36(12): 1465-1469. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00383-020-04758-1>.
38. Gałazka P, Leis K, Kroczyk K, Baska A, Kazik J, Czajkowski R. Metal allergy after the Nuss procedure for pectus excavatum: a review. *Postepy Dermatol Alergol*. 2020 Dec;37(6):848-852. doi: 10.5114/ada.2020.102094. Epub 2021 Jan 6. PMID: 33603601; PMCID: PMC7874881.

39. Gao Y, Li JH, Yu JG, Tan Z, Liang L, Huang T, et al.
Noninvasive treatment of pectus excavatum with a vacuum bell combined with a three-dimensional scanner. [Internet]. *Pediatr Surg Int*. 2020;36(10): 1205-1211. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00383-020-04726-9>
40. Garzi A, Prestipino M, Rubino MS, Di Crescenzo RM, Calabrò E. Complications of the "Nuss Procedure" In Pectus Excavatum. *Transl Med UniSa*. 2020 May 31;22:24-27. PMID: 32523904; PMCID: PMC7265919.
41. Gaspar Pérez M, Núñez García B, Álvarez García N, Fillat-Gomà F, Coderch-Navarro S, Monill-Raya N, Esteva Miró C, Betancourth Alvarenga JE, Jiménez Gómez J, Santiago Martínez S, San Vicente Vela B, Jiménez-Arribas P, Güizzo JR. Initial experience with 3D printing in the use of customized Nuss bars in pectus excavatum surgery. *Cir Pediatr*. 2021 Oct 1;34(4):186-190. English, Spanish. PMID: 34606698.
42. Gellis S. *Pediatric Notes. The Weekly Pediatric Commentary* 1996;20:99-100.
43. Goretsky MJ. Is There an Age Limit for the Nuss Repair? *Ann Thorac Surg*. 2023 Oct;116(4):794-795. doi: 10.1016/j.athoracsur.2022.12.036. Epub 2023 Jan 9. PMID: 36632862.
44. Graves CE, Moyer J, Zobel MJ, Mora R, Smith D, O'Day M, Padilla BE. Intraoperative intercostal nerve cryoablation During the Nuss procedure reduces length of stay and opioid requirement: A randomized clinical trial. *J Pediatr Surg*. 2019 Nov;54(11):2250-2256. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2019.02.057. Epub 2019 Mar 17. PMID: 30935731; PMCID: PMC6920013.
45. Gross, R. *The Surgery of Infancy and Childhood* W. B. Saunders Co, Philadelphia, 1953; 753-761
46. Häcker FM. Nonsurgical Treatment of Chest Wall Deformities: Contradiction or Complement? [Internet]. *Eur J Pediatr Surg*. 2018; 28(4):369-372. Available from: <https://doi.org/10.1055/s-0038-1668128>.
47. Haecker F.M., Krebs T, Kocher GJ, Schmid RA, Sesia SB. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019 Oct 1;29(4):497-502. doi: 10.1093/icvts/ivz142. PMID: 31199434.

48. Haecker FM, Krebs TF, Kleitsch KU. Current Development of Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum (MIRPE). *Children (Basel)*. 2022 Mar 31;9(4):478. doi: 10.3390/children9040478. PMID: 35455522; PMCID: PMC9024707.
49. Haecker FM, Mayr J. The vacuum bell for treatment of pectus excavatum: an alternative to surgical correction? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006;29(4):557-61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2006.01.025>.
50. Haecker FM, Sesia S. Vacuum bell therapy. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5(5):440-449. Available from: <https://doi.org/10.21037/acs.2016.06.06>.
51. Haecker FM. The vacuum bell for conservative treatment of pectus excavatum: the Basle experience. *Pediatr Surg Int*. 2011 Jun;27(6):623-7. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00383-010-2843-7>.
52. Haecker FM. Evolution in the management of pectus excavatum in pediatric patients. *Transl Pediatr*. 2023 Aug 30;12(8):1450-1453. doi: 10.21037/tp-23-264. Epub 2023 Jul 28. PMID: 37692546; PMCID: PMC10485642.
53. Hamming A, Versteegh H, Schnater JM. Spontaneous subdiaphragmatic bar migration after pectus excavatum treatment. *BMJ Case Rep*. 2022 Dec 29;15(12):e251757. doi: 10.1136/bcr-2022-251757. PMID: 36581360; PMCID: PMC9806008.
54. He XX, Dai K, Deng Q, Guo JY. Multiple organ dysfunction due to a rare complication of Nuss procedure for pectus excavatum: A case report. *Chin J Traumatol*. 2021 Sep;24(5):306-310. doi:10.1016/j.cjtee.2021.07.011. Epub 2021 Aug 5. PMID: 34384669; PMCID: PMC8563856.
55. He Y, Xu M, Jiang X, Li Z, Du B. Comparing postoperative analgesia of bilateral serratus anterior plane block and thoracic paravertebral block for children following the Nuss procedure: protocol for a randomised, double-blind, non-inferiority clinical trial. *BMJ Paediatr Open*. 2023 Jul;7(1):e002128. doi:10.1136/bmjpo-2023-002128. PMID: 37491133; PMCID: PMC10373708.
56. Hsieh MS, Tong SS, Wei BC, Chung CC, Cheng YL. Minimization of the complications associated with bar removal after the Nuss procedure in adults.

- JCardiothorac Surg. 2020 Apr 21;15(1):65. doi: 10.1186/s13019-020-01106-1. PMID: 32316997; PMCID: PMC7175579.
- 57.Hsu CY, Cheng YL, Wang SC, Shen TC. Massive right heart thrombus after the Nuss procedure: A case report. JTCVS Tech. 2022 Jan 17;12:69-71. doi:10.1016/j.xjtc.2021.12.007. PMID: 35403025; PMCID: PMC8987298.
- 58.Huang HK, Huang YJ, Lin KH, Chen YY, Ko KH, Chang H, Lee SC, Huang TW. Severity of Pectus Excavatum is a Risk Factor for Primary Spontaneous Pneumothorax. World J Surg. 2020 Jun;44(6):2035-2041. doi:10.1007/s00268-020-05412-6. PMID: 32040606.
- 59.Jaroszewski DE, Farina JM, Gotway MB, Stearns JD, Peterson MA, Pulivarthi VSKK, Bostoros P, Abdelrazek AS, Gotimukul A, Majdalany DS, Wheatley-Guy CM, Arsanjani R. Cardiopulmonary Outcomes After the Nuss Procedure in Pectus Excavatum. J Am Heart Assoc. 2022 Apr 5;11(7):e022149. doi:10.1161/JAHA.121.022149. Epub 2022 Apr 4. PMID: 35377159; PMCID: PMC9075480.
- 60.Jawitz OK, Raman V, Thibault D, Yerokun B, Zwischenberger BA, Kosinski AS, Allen MS, Harpole DH. Complications after Ravitch versus Nuss repair of pectusexcavatum: A Society of Thoracic Surgeons (STS) General Thoracic Surgery Database analysis. Surgery. 2021 Jun;169(6):1493-1499. doi:10.1016/j.surg.2020.12.023. Epub 2021 Jan 22. PMID: 33494946.
61. Jeziorczak PM, Frenette RS, Aprahamian CJ. Liposomal Bupivacaine Injection in Nuss Procedure Allows Narcotic Avoidance and Improved Outcomes. J Laparoendosc Adv Surg Tech A. 2021 Dec;31(12):1384-1388. doi:10.1089/lap.2021.0357. Epub 2021 Nov 5. PMID: 34748425.
- 62.Jing T., Jiang P., Feng H. Feasibility and Safety of Subcutaneous Sternal Suspension in The Treatment of Pectus Excavatum. (2022). 10.21203/rs.3.rs-2140540/v1. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2140540/v1>
- 63.Jung A, Lang G, Kehr P, Jung F, Paternotte H. Surgical management of the funnel chest. Pedunculated inversionplasty. Z Orthop Ihre Grenzgeb 1975 Aug;113(4):830-3. PMID: 1108485

64. Jung Y, Yi E, Lee K, Chung JH, Cho S, Lee S. Surgical versus Vacuum Bell Therapy for the Correction of Pectus Excavatum: A Comparison of 1-Year Treatment Outcomes. *J Chest Surg.* 2021;54(6):473-479. Available from: <https://doi.org/10.5090/jcs.21.073>.
65. Kelly RE Jr, Obermeyer RJ, Goretsky MJ, Kuhn MA, Frantz FW, McGuire MM, Duke DS, Daniel A, Nuss D. Recent Modifications of the Nuss Procedure: The Pursuit of Safety During the Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *Ann Surg.* 2022 Feb 1;275(2):e496-e502. doi: 10.1097/SLA.0000000000003877. PMID: 32224740.
66. Kim DY, Jeong JY. Penetrating lung injury during Nuss procedure for pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg.* 2020 Jul 23;15(1):184. doi:10.1186/s13019-020-01236-6. PMID:32703242;PMCID: PMC7379775.
67. Kim DY, Jeong JY. Sudden cardiac arrest during Nuss procedure for pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg.* 2020 Jun 12;15(1):139. doi:10.1186/s13019-020-01180-5. PMID:32532286;PMCID: PMC7291709.
68. Krishnan S, Cascella M. Erector Spinae Plane Block. 2023 Jun 4. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. PMID: 31424889.
69. Kuyama H, Uemura S, Yoshida A. Chondrotomy and sternotomy combined with the Nuss procedure for severe asymmetric pectus excavatum: how to do it. *Surg Today.* 2021 Jul;51(7):1237-1240. doi: 10.1007/s00595-020-02153-w. Epub 2020 Oct 6. PMID: 33025039.
70. Lai K, Eldredge RS, Zobel M, Hargis-Villanueva A, Ostlie A, Padilla BE. Intercostal Nerve Cryoablation for Postoperative Pain Control in Pediatric Thoracic Surgery: A Scoping Review. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2023 Oct;33(10):994-1004. doi: 10.1089/lap.2023.0070. Epub 2023 Jul 18. PMID: 37462727.
71. Lai K, Notrica DM, McMahon LE, Kang P, Molitor MS, Egan JC, Bae JO, Huntman ZM, Ostlie DJ, Lee JH, Padilla BE. Cryoablation in 350 Nuss Procedures: Evolution of Hospital Length of Stay and Opioid Use. *J Pediatr Surg.* 2023 Aug;58(8):1435-1439. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.10.051. Epub 2022 Nov 7. PMID: 36494205.

72. Lim BY, Ryu D, I H, Lee C. A novel in silico Nuss procedure for pectusexcavatum patients. *Phys Eng Sci Med*. 2023 Dec;46(4):1629-1642. doi:10.1007/s13246-023-01325-5. Epub 2023 Sep 11. PMID: 37695510; PMCID:PMC10703950.
- 73.Liu KS, Chen WH, Lee CH, Su YF, Liu YW, Liu SJ. Novel Biodegradable 3D-Printed Analgesics-Eluting-Nanofibers Incorporated Nuss Bars for Therapy of Pectus Excavatum. *Int J Mol Sci*. 2022 Feb 18;23(4):2265. doi:10.3390/ijms23042265. PMID: 35216381; PMCID: PMC8878723.
- 74.Liu RS, Cui FX, Li YJ, Yang T, Zhao L, Zhang XY, Chen XL, Ning XG, Peng J. Retrospectively analyze and compare the efficacy and safety of thoracoscopic-assisted Nuss repair of pectus excavatum under intubation anesthesia and non-intubation anesthesia. *J Thorac Dis*. 2022 Oct;14(10): 4031-4043. doi:10.21037/jtd-22-1150. PMID: 36389300; PMCID: PMC9641357.
- 75.Liu S, Wang L, Zhang H, Zeng W, Hu F, Xiao H, Li G, Mei J, Zhu J. Modified Nuss procedure with a novel steel bar in patients with pectus excavatum post-congenital heart surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2022 Feb21;34(3):424-430. doi: 10.1093/icvts/ivab284. PMID: 34661678; PMCID: PMC8860435.
- 76.Lo PC, Tzeng IS, Hsieh MS, Yang MC, Wei BC, Cheng YL. The Nuss procedure for pectus excavatum: An effective and safe approach using bilateral thoracoscopyand a selective approach to use multiple bars in 296 adolescent and adult patients. *PLoS One*. 2020 May 29;15(5):e0233547. doi:10.1371/journal.pone.0233547. PMID: 32470011; PMCID: PMC7259695.
- 77.Lopez M, Patoir A, Costes F, Varlet F, Barthelemy JC, Tiffet O. Preliminary study of efficacy of cup suction in the correction of typical pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2016 Jan;51(1):183-7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.10.003>.
- 78.Loufopoulos I, Karagiannidis IG, Lampridis S, Mitsos S, Panagiotopoulos N. Vacuum Bell: Is It a Useful Innovative Device for Pectus Excavatum Correction [Internet]. *Turk Thorac J*.2021; 22: 251-256.
- 79.Ma B, Sun Y, Hao C, Liu X, Shen S. Patient-Controlled Intravenous Analgesia with or without Ultrasound-Guided Bilateral Intercostal Nerve Blocks in Children Undergoing the Nuss Procedure: A Randomized, Double-Blinded,

- Controlled Trial. *Pain Res Manag.* 2022 Jul 22;2022:5776833. doi: 10.1155/2022/5776833. PMID:35910406; PMCID: PMC9337970.
80. Martinez D, Juame J, Stein T, Pena A: The Effect of Costal Cartilage Resection on Chest-Wall Development. *Pediatr Surg Int.* 1990, 5: 170-173.
81. Mc Coy N, Hollinger L. Cryoanalgesia and Lung Isolation: A New Challenge for the Nuss Procedure Made Easier With the EZ-Blocker™. *Front Pediatr.* 2021 Nov 29;9:791607. doi: 10.3389/fped.2021.791607. PMID: 34912765; PMCID: PMC8667069.
82. Media AS, Christensen TD, Katballe N, Pilegaard HK, de Paoli FV. Incidence and severity of surgical complications after pectus excavatum bar removal. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2021 Jul 26;33(2):237-241. doi:10.1093/icvts/ivab077. PMID: 34310684; PMCID: PMC8691685.
83. Mehl SC, Sun RC, Anbarasu CR, Portuondo JI, Espinoza AF, Whitlock RS, Shah SR, Nuchtern JG, Minifee PK, Rodriguez JR, Le LD, Stafford SJ, Mazziotti MV. Association of Intercostal Nerve Cryoablation During Nuss Procedure With Complications and Costs. *Ann Thorac Surg.* 2023 Oct;116(4):803-809. doi:10.1016/j.athoracsur.2022.04.022. Epub 2022 Apr 27. PMID: 35489402.
84. Meyer L. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Trichterbrust. *Berl Klin Wschr.* 1911;48:1563–66.
85. Muff JL, Guglielmetti LC, Gros SJ, Buchmüller L, Frongia G, Holland-Cunz SG, et al. Failed preoperative vacuum bell therapy does not affect outcomes following minimally invasive repair of pectus excavatum. [Internet]. *Pediatr Surg Int.* 2022;37(10):1429-1435. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00383-021-04963-6>.
86. Nagasao T, Aizezi N, Tamai M, Kogure T, Morotomi T. Separation of the seventh costal-sternal junction-A new technique to improve outcomes for the Nuss procedure for pectus excavatum. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2023 Jan;76:4-9. doi: 10.1016/j.bjps.2022.10.002. Epub 2022 Oct 12. PMID: 36513003.
87. Nagasao T, Miyanagi T, Wu L, Akaike M, Hosokawa A, Sakamoto Y. Biomechanical Evaluation of Additional Surgical Maneuvers to Improve Symmetry

- in Performing Nuss Procedure for Asymmetric Pectus Excavatum. *Eplasty*. 2023 Oct 31;23:e65. PMID: 38045098; PMCID: PMC10690775.
88. Nakamura K, Sugita A, Sekiya S, Kitamura A, Mitsuhata H, Yamaguchi K, Hayashida M. Paths of thoracic epidural catheters in children undergoing the Nuss procedure for pectus excavatum repair. *J Anesth*. 2022 Jun;36(3):335-340. doi: 10.1007/s00540-022-03048-5. Epub 2022 Mar 4. PMID: 35243545; PMCID: PMC9156506.
89. Nuss D., Kelly R.E, Jr., Croitoru D.P., M.E. Katz. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum *Journal of Pediatric Surgery* Volume 33, Issue 4, April 1998, Pages 545-552
[https://doi.org/10.1016/S0022-3468\(98\)90314-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3468(98)90314-1)
90. Nuss D, Obermeyer RJ, Kelly RE Jr. Pectus excavatum from a pediatric surgeon 's perspective. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5(5):493-500. Available from: <https://doi.org/10.21037/acs.2016.06.04>.
91. Notrica D. M. The Nuss procedure for repair of pectus excavatum: 20 error traps and a culture of safety. *Semin Pediatr Surg*. 2019 Jun;28(3):172-177. doi:10.1053/j.sempedsurg.2019.04.020. Epub 2019 Apr 25. PMID: 31171153.
92. Núñez García B, Álvarez García N, Aquino-Esperanza J, Esteva Miró C, Pérez-Gaspar M, Jiménez Gómez J, Betancourth Alvarenga JE, Santiago Martínez S, Jiménez-Arribas P, Güizzo JR. Efficacy and Safety of Taulinoplasty Compared with the Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum Approach to Correct Pectus Excavatum. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2021 Dec;31(12):1402-1407. doi:10.1089/lap.2021.0216. Epub 2021 Nov 29. PMID: 34847730.
93. Obermeyer RJ, Cohen NS, Kelly RE Jr, Ann Kuhn M, Frantz FW, McGuire MM, et al. Nonoperative management of pectus excavatum with vacuum bell therapy: A single center study. *J Pediatr Surg*. 2018; 53(6):1221-1225. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.02.088>.
94. Obermeyer RJ, Goretsky MJ, Kelly RE Jr, Frantz FW, Kuhn MA, McGuire MM, Duke DS, Paulson JF. Selective use of sternal elevation before substernal dissection in more than 2000 Nuss repairs at a single institution. *J Pediatr Surg*.

- 2021 Apr;56(4):649-654. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.07.005. Epub 2020 Jul 12. PMID:32753276.
95. Ochoa B, Lai K, Eldredge RS, Viswanath V, Bae JO, Lee J, McMahon LE, Notrica DM, Padilla BE. Preoperative Metal Allergy Testing for Pectus Excavatum Repair Does Not Effectively Identify Patients Who Develop Metal bar Allergy. *J Pediatr Surg*. 2023 Nov 2;S0022-3468(23)00680-2. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.10.068. Epub ahead of print. PMID:38016849.
96. Okuyama H, Tsukada R, Tazuke Y, Ueno T, Watanabe M, Nomura M, Masahata K, Saka R, Deguchi K. Thoracoscopic Costal Cartilage Excision Combined with the Nuss Procedure for Patients with Asymmetrical Pectus Excavatum. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2021 Jan;31(1):95-99. doi: 10.1089/lap.2020.0312. Epub 2020 Nov 23. PMID: 33227219.
97. Paltia V. [et al.] Operative technique in funnel chest; experience in 81 case. *Acta chir. Scand.* – 1959. – Vol. 116, № 2. – P. 90–98.
98. Papandria D, Arlikar J, Sacco Casamassima M.G., Ortega G., Salazar J.H. and all. Increasing age at time of pectus excavatum repair in children: emerging consensus? *J Pediatr Surg* 2013 Jan;48(1):191-6. PMID: 23331814. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2012.10.036.
99. Park WJ, Son JW, Park KH, Kim YM, Nam JH, Choi KU, Kim JH. Late complication of the Nuss procedure: recurrent cardiac tamponade. *Yeungnam Univ J Med*. 2019 Sep;36(3):260-264. doi: 10.12701/yujm.2019.00241. Epub 2019 Jun 13. PMID:31620642; PMCID: PMC6784654.
100. Park HJ, Rim G, Yoon SK. Crane-powered pectus excavatum repair: the NeoPectus surgery, *Front Surg*. 2023;10:1267009, doi: 10.3389/fsurg.2023.1267009.
101. Parrado RH, Notrica DM, Jaroszewski DE, McMahon LE. Surgical technique for Nuss bar exchange due to metal allergy. *J Pediatr Surg*. 2023 Jan;58(1):179-180. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.08.001. Epub 2022 Aug 6. PMID: 35973861.
102. Patel AJ, Hunt I. Is vacuum bell therapy effective in the correction of pectus excavatum? [Internet]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2019;29(2):287–290. Available from: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivz082>.

103. Pereira-Nunes J, Vasconcelos-Castro S, Fontoura-Matias J, Preto-Gomes N, Marinho-Cunha A, Soares-Oliveira M. Preoperative Metal Patch Testing and Titanium Bar Use Criteria in Nuss Procedure: A 56-Patients' Cohort Study. *Eur J Pediatr Surg*. 2023 Aug;33(4):287-292. doi: 10.1055/a-1868-6224. Epub 2022 Jun 3. PMID: 35668642.
104. Pérez D, Martel O, Yáñez A, Cano JR, Cuadrado A, Torrent G, López L. Does the modelling of the pectus bar affect its stability? Rationale for using a short flat bar. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2020 Jan 1;30(1):11-17. doi: 10.1093/icvts/ivz217. PMID: 31501902.
105. Pilegaard HK. Short bar repair of pectus excavatum. *Ann Cardiothorac Surg* 2016;5(5):523-525. doi: 10.21037/acs.2016.09.08
106. Pitt JB, Zeineddin S, Carter M, Perez A, Sands L, Kujawa S, Reynolds M, Abdullah F, Goldstein SD. Demographics of Anterior Chest Wall Deformity Patients: A Tertiary Children's Hospital Experience. *J Surg Res*. 2024 Jan;293:451-457. doi: 10.1016/j.jss.2023.09.040. Epub 2023 Oct 10. PMID: 37827024.
107. Port E, Hebal F, Hunter CJ, Abdullah F, Malas B, Reynolds M. Measuring the impact of surgical intervention on pediatric pectus excavatum using white light scanning. *J Pediatr Surg*. 2019 Nov;54(11):2261-2267. doi:10.1016/j.jpedsurg.2019.01.007. Epub 2019 Jan 23. PMID: 30732932.
postoperative Nuss procedure: a problem that cannot be ignored. *Transl Pediatr*. 2021 Mar;10(3):569-578. doi: 10.21037/tp-20-354. PMID: 33850815; PMCID: PMC8039790.
108. Prada Arias M, Gómez Veiras J, Rodríguez Iglesias P, Aneiros Castro B, Fernández Eire P, Montero Sánchez M. Treatment of pectus excavatum with vacuum bell during puberty. *Cir Pediatr*. 2023;36(3):116-121. Available from: <https://doi.org/10.54847/cp.2023.03.11>.
109. Ravitch M.M. The Operative Treatment of Pectus Excavatum. *Ann Surg* 1949,129(4):429-444 doi: 10.1097/00000658-194904000-00002.

110. Rehbein F., Wernicke H.H. The operative treatment of the funnel chest Arch Dis Child. 1957 Feb;32(161):5-8. PMID: 13403703 PMCID: PMC2012038 doi: 10.1136/adc.32.161.5.
111. Richards LJ, Streifel A, Rodrigues JM. Utility of Patch Testing and Lymphocyte Transformation Testing in the Evaluation of Metal Allergy in Patients with Orthopedic Implants. Cureus. 2019 Sep 25;11(9):e5761. doi:10.7759/cureus.5761. PMID: 31723520; PMCID: PMC6825456.
112. Sauerbruch F. Operative Beseitigung der angeborenen Trichterbrust, Disch Z Chir. 1931;234(1):760-4.
113. Sayan B, Bekiroglu N, Yuksel M. Pectus cross bars increase hospital readmission rates due to serous pleural effusion. Gen Thorac Cardiovasc Surg. 2022 Apr;70(4):352-358. doi: 10.1007/s11748-021-01732-z. Epub 2021 Nov 16. PMID:34784003.
114. Scalise PN, Demehri FR. The management of pectus excavatum in pediatric patients: a narrative review. Transl Pediatr. 2023 Feb 28;12(2):208-220. doi:10.21037/tp-22-361. Epub 2023 Jan 31. PMID: 36891368; PMCID: PMC9986778.
115. Schewitz I, Nuss D. Challenging beliefs:A review of the paradigm shift in the treatment of pectus excavatum from radical resection to minimally invasive bracing and non-surgical vacuum bell suction. Afr J Thorac Crit Care Med. 2020; 26(4):10.7196/AJTCCM.2020.v26i4.016. Available from: <https://doi.org/10.7196/AJTCCM.2020.v26i4.016>.
116. Schier F, Bahr M, Klobe E. The vacuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. J Pediatr Surg. 2005;40(3):496-500. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2004.11.033>.
117. Sesia SB, Heinrich DM, Kocher GJ, Haecker FM. Treatment of isolated sternal fracture with a vacuum bell in an 8-year-old boy. Interact Cardiovasc Thorac Surg. 2018;26(5):888-889. Available from: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivx42>.
118. Sesia SB, Hradetzky D, Haecker FM. Monitoring the effectiveness of the vacuum bell during pectus excavatum treatment: Technical innovation. J Pediatr

- Surg. 2018;53(3):411-417. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.05.023>.
119. Shan Y, Yu G, Lu Y, Kong H, Jiang X, Shen Z, Sun F, Shi H. Application of three-dimensional reconstruction technology combined with three-dimensional printing in the treatment of pectus excavatum. *Ann Thorac Med*. 2022 Jul-Sep;17(3):173-179. doi: 10.4103/atm.atm_506_21. Epub 2022 Jul 9. PMID: 35968400; PMCID: PMC9374120.
 120. Shi R, Xie L, Chen G, Zeng Q, Mo X, Tang J, Zhou H, Zhang D, Ye X, Zhou Z, Tian D, Deng C, Ben X, Qiao G. Surgical management of pectus excavatum in China: results of a survey amongst members of the Chinese Association of Thoracic Surgeons. *Ann Transl Med*. 2019 May;7(9):202. doi: 10.21037/atm.2019.05.03. PMID: 31205920; PMCID: PMC6545319.
 121. Skoczyński S, Kudela G, Brożek G, Lawson J, Tobor S, Skoczyńska A, Swinarew A, Trejnowska E, Winnicki IR, Repetowska K, Paluch J, Barczyk A, Koszutski T. Pulmonary function, exercise capacity and dyspnea in patients 7 years after Nuss surgery. *Adv Med Sci*. 2022 Mar;67(1):179-186. doi:10.1016/j.advms.2022.02.008. Epub 2022 Mar 17. PMID: 35306355.
 122. Song J, Wang Q, Pan Z, Wu C, Li Y, Wang G, Dai J, Xi L, Li H. The Safety and Efficacy of the Modified Single Incision Non-thoracoscopic Nuss Procedure for Children With Pectus Excavatum. *Front Pediatr*. 2022 Feb 8;10:831617. doi:10.3389/fped.2022.831617. PMID: 35211432; PMCID: PMC8861268.
 123. Squillaro AI, Melhado C, Ozgediz D, Idowu O, Palmer B, Kim S. Minimally invasive repair of asymmetric pectus excavatum: An alternative technique to treating asymmetric morphology. *J Pediatr Surg*. 2022 Jun;57(6):1079-1082. doi:10.1016/j.jpedsurg.2022.01.035. Epub 2022 Feb 1. PMID: 35221034.
 124. St-Louis E, Miao J, Emil S, Baird R, Bettolli M, Montpetit K, Goyette J, Laberge JM. J. Vacuum bell treatment of pectus excavatum: An early North American experience. *Pediatr Surg*. 2019;54(1):194-199. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2018.10.011>.
 125. Sun RC, Mehl SC, Anbarasu CR, Portuondo JI, Espinoza AF, Whitlock R, Mazziotti MV. Intercostal cryoablation during Nuss procedure: A large volume

- single surgeon's experience and outcomes. *J Pediatr Surg.* 2021Dec;56(12):2229-2234. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.03.006. Epub 2021 Mar 17. PMID: 33853732.
126. Taguchi T K , Mochizuki T , Nakagaki M , Kato K A new plastic operation for pectus excavatum: sternal turnover surgical procedure with preserved internal mammary vessels. *Chest* 975 May;67(5):606-8. PMID: 1126202
DOI: 10.1378/chest.67.5.606.
127. Tam JKC, Leow L, Yong KJ, Mithiran H. Novel Nuss Bar Fixation Using Zip Fix for Pectus Excavatum. *Heart Lung Circ.* 2022 Jun;31(6):889-893.
doi:10.1016/j.hlc.2021.12.012. Epub 2022 Feb 3. PMID: 35125323.
128. Togoro SY, Tedde ML, Eisinger RS, Okumura EM, de Campos JRM, Pêgo-Fernandes PM. The Vacuum Bell device as a sternal lifter: An immediate effect even with a short time use. *J Pediatr Surg.* 2018;53(3):406-410. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2017.04.016>.
129. Toselli L, Gigena C, Bellia-Munzon G, Sanjurjo D, Vallee M, Martinez-Ferro M. Lessons Learned after 176 Patients Treated with a Standardized Procedure of Thoracoscopic Cryoanalgesia during Minimally Invasive Repair of PectusExcavatum. *J Pediatr Surg.* 2024 Mar;59(3):372-378.
doi:10.1016/j.jpedsurg.2023.10.047. Epub 2023 Oct 21. PMID: 37973418.
130. Toselli L, Vallee M, Elmo G, Martinez J, Sanjurjo D, Nazar M, et al. Implementation and acceptance rates of a specially designed vacuumometer for the vacuum bell treatment of pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 2021; 56(12):2235-2238. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2021.03.008>.
131. Ochsner A., De Bakey M. E.: Chonechondrosternon: Report of a case and review of the literature, *J. Thor. Surg.*, 8:469-511, 1939.
132. Uemura S, Yoshida A, Kuyama H. Rib osteotomy with the Nuss procedure for the repair of adult pectus excavatum. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021Feb;69(2):409-411. doi: 10.1007/s11748-020-01463-7. Epub 2020 Aug 14. PMID: 32797365.
133. van Braak H, de Beer SA, de Jong JR, Stevens MF, Musters G, Zwaveling S, Oomen MWN, der Made WV, Krug E, van Heurn LWE. Intercostal Nerve Cryoablation or Epidural Analgesia for Multimodal Pain Management after the

- Nuss Procedure: A Cohort Study. *Eur J Pediatr Surg*. 2024 Feb 16. doi:10.1055/a-2249-7588. Epubahead of print. PMID: 38242172.
134. van Schuppen J, de Beer SA, van der Hulst AE, Planken RN. Impact of vacuum bell on thoracic shape and cardiac function in pectus excavatum. [Internet]. *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2018;12(5):e17-e19. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2018.07.002>.
135. Velayos M, Alonso M, Delgado-Miguel C, Estefanía-Fernández K, Muñoz-Serrano AJ, Santamaría MVL, Reinoso-Barbero F, De La Torre CA. Percutaneous Cryoanalgesia: A New Strategy for Pain Management in Pectus Excavatum Surgery. *Eur J Pediatr Surg*. 2022 Feb;32(1):73-79. doi: 10.1055/s-0041-1740555. Epub 2021Dec 23. PMID: 34942673.
136. Wada J. Surgical correction of the funnel chest "sternoturnover" *West J Surg Obstet Gynecol*. 1961 Nov-Dec;69:358-61. PMID: 14004233
137. Wang L, Bi R, Xie X, Xiao H, Hu F, Jiang L. A Modified Nuss Procedure for Recurrent Pectus Excavatum of Adults. *Front Surg*. 2022 Jan 26;8:814837. doi:10.3389/fsurg.2021.814837. PMID: 35155553; PMCID: PMC8825472.
138. Wang L, Guo T, Zhang H, Yang S, Liang J, Guo Y, Shao Q, Cao T, Li X, Huang L. Three-dimensional printing flexible models: a novel technique for Nuss procedure planning of pectus excavatum repair. *Ann Transl Med*. 2020Feb;8(4):110. doi: 10.21037/atm.2019.12.124. PMID: 32175403; PMCID: PMC7049001.
139. Wang Q, Pan Z, Wu C, Li Y, Wang G, Dai J, Ren C, Xie Y, Xiong L, Zhang L, Li H. Single Incision non-thoracoscopic Nuss procedure for children with pectusexcavatum: protocol for a multicenter, non-masked, randomized controlled trial. *Front Surg*. 2023 Jul 19;10:1210452. doi: 10.3389/fsurg.2023.1210452. PMID: 37538392; PMCID: PMC10394465.
140. Wang W, Long W, Liu Y, Cai B, Luo J. Reoperation 10 years after Nuss procedure failed: Wung procedure combined with Wenlin procedure. *J Surg CaseRep*. 2022 Dec 5;2022(12):rjac545. doi: 10.1093/jscr/rjac545. PMID: 36479226; PMCID: PMC9722242.

141. Woods F.M, Overholt R.H., Bolton H.E. Pectus excavatum: Surgical experiences in thirty-four cases. *The American Journal of Surgery*. Vol. 98, Issue 5, November 1959, Pages 664-676 [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(59\)90488-X](https://doi.org/10.1016/0002-9610(59)90488-X)
142. Xie Y, Ning J. Application of Polydioxanone Sutures in the Nuss Procedure. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2022 Jan;70(1):77-82. doi: 10.1055/s-0041-1723847. Epub 2021 Feb 18. PMID: 33601470; PMCID: PMC8828300.
143. Xu B, Xu T, Wang S, Li W, He T, Liu W. The use of nonthoracoscopic Nuss procedure for the correction of pectus excavatum by trans-esophageal echocardiography monitoring. *Medicine (Baltimore)*. 2019 Feb;98(6):e14387. doi:10.1097/MD.00000000000014387. PMID: 30732178; PMCID: PMC6380846.
144. Yi JH. Rastelli conduit change with the Nuss procedure for relieving compression of extracardiac conduit. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2022 Oct4; 62(5):ezac490. doi: 10.1093/ejcts/ezac490. PMID: 36179102.
145. Yoo G, Jeong JY. Nuss procedure for combined pectus excavatum and carinatum in a patient with a history of congenital esophageal atresia repair surgery. *J Cardiothorac Surg*. 2022 Jan 15;17(1):4. doi: 10.1186/s13019-022-01759-0. PMID: 35033129; PMCID: PMC8761276.
146. Yoo G, Shin J, Rha EY, Jeong JY, Lee J, Noh G, Park SS. Quadrangular Fixation of Pectus Bars to Prevent Displacement in Nuss Procedure. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2020 Jan;68(1):80-84. doi: 10.1055/s-0039-1678695. Epub 2019Feb 22. PMID: 30795031.
147. Zhang Y, Chen Q, Luo Y, Sun C, Chen M, Wu N, Xie Y. Wire fracture in postoperative Nuss procedure: a problem that cannot be ignored. *Transl Pediatr* 2021;10(3):569-578. doi: 10.21037/tp-20-354.
148. Zobel MJ, Ewbank C, Mora R, Idowu O, Kim S, Padilla BE. The incidence of neuropathic pain after intercostal cryoablation during the Nuss procedure. *Pediatr Surg Int*. 2020 Mar;36(3):317-324. doi: 10.1007/s00383-019-04602-1. Epub 2019 Nov 23. PMID: 31760443.
149. Баиров, Г.А., Джумабаев Д.Ц., Маршев И.А. Отдаленные результаты оперативного лечения детей с воронкообразной деформацией грудной клетки. *Вестн. хирургии им. И.И. Грекова* 1982; 128: 4: 96-98

150. Кривченя Д.Ю., Притула В.П., Харсіка С.М., Заводій В.Г. Лійкоподібна деформація грудної клітки. Поперечне січення передньої пластинки груднини як доповнення до мініінвазивної корекції за методом Нусса // Архів клінічної медицини. - 2014. - № 2. - С. 64-65
151. Кондрашин Н.И. Варианты торакопластики при воронкообразной деформации грудной клетки / Н.И. Кондрашин // Ортопед. травматол. – 1983. – № 3.– С. 29–33
152. Левицький А.Ф., Пилипко В.М., Годік О.С., Бебешко О.В. Еволюція методик хірургічної корекції лійкоподібної деформації грудної клітки в дітей: одноцентровий досвід. Paediatric surgery.Ukraine.2021.4(73):38-43; doi: 10.15574/PS.2021.73.38
153. Левицький А.Ф., Пилипко В.М., Карпінський М.Ю., Яресько О.В. Дослідження коригуючого впливу різних типів фіксаторів на лійкоподібну деформацію грудної клітки при операції Nuss. Trauma. 2023;24(3):45-53. doi: 10.22141/1608-1706.3.24.2023.954
154. Пилипко В.М., Левицький А.Ф., Карпінський М.Ю., Карпінська О.Д. Експериментальні дослідження величини прогину пластини для корекції лійкоподібної деформації грудної клітки під впливом згинаючого навантаження/Paediatric Surgery (Ukraine). 2023.1(78):35-41. doi: 10.15574/PS.2023.78.35.
155. Тимощенко В.А. Металлостернохондропластика при врожденных и приобретенных деформациях грудной клетки у детей: Дис. ...доктора мед.наук : 14.00.35 / В. А. Тимощенко – Москва, 1995. – 328с
156. Фищенко Я.В., Шевчук А.В., Сапоненко А.И., Еремик Н.Е. Наш опыт применения торакопластики по Нассу как метода коррекции воронкообразной деформации грудной клетки. Vol', sustavy, pozvonočnik. 2019;9(2):128-134. doi: 10.22141/2224-1507.9.2.2019.172124
157. Шульга Д.І. (ua) та ще 4. Спосіб корекції лійкоподібної деформації грудної клітки. патент на корисну модель № 46696 (заявка № u200910881), опубліковано 25.12.2000.

ДОДАТКИ

Додаток А

Список публікацій здобувача

1. В. Р. Заремба, О. А. Данилов (2021) Операція Nuss: шляхи зменшення частоти післяопераційних ускладнень, інтенсивності та тривалості післяопераційного больового синдрому *Paediatric surgery (Ukraine)* 1(70):12-21; doi 10.15574/PS.2021.70.12 (Дисертантом проведено пошук та аналіз літератури. Здобувач виконав більшість хірургічних втручань , розробив власні технології безпеки під час MIRPE , виконав аналіз результатів, висновки сформовані спільно з науковим керівником, підготував статтю до друку).
2. V. R. Zarembo, O. A. Danylov (2022) Surgical approach to treatment of asymmetric pectus excavatum in children *Paediatric surgery (Ukraine)* 1(74):27-33; doi 10.15574/PS.2022.74.27 (Дисертантом проведено пошук та аналіз джерел літератури. Здобувач виконав більшість хірургічних втручань , розробив власні модифікації операції Nuss, виконав аналіз результатів, висновки сформовані спільно з науковим керівником, підготував статтю до друку).
4. О. А. Данилов, В. Р. Заремба (2022) Диференційний підхід до хірургічної корекції вродженої лійкоподібної деформації грудної клітки в дітей *Paediatric surgery (Ukraine)* .4(73):87-89; doi 10.15574/PS.2021.73.87 (Дисертантом проведено пошук та аналіз джерел літератури. Здобувач виконав більшість хірургічних втручань , запропонував та впровадив власні модифікації операції Nuss, виконав аналіз результатів, висновки сформовані спільно з науковим керівником, підготував презентацію).
5. Заремба В. Р., Кириченко В. А. (2021) Спосіб фіксації титанової коригуючої пластини при хірургічній корекції лійкоподібної деформації грудної клітки та його математичне моделювання *Paediatric surgery (Ukraine)* 2(71):21-25; doi 10.15574/PS.2021.71.21 (Дисертантом висунута ідея необхідності кастомізації розмірів титанової коригувальної пластини . Здобувач виконав частину розрахунків, висновки сформував спільно із співавтором, підготував статтю до друку).
6. Заремба В. Р., Данилов О. А., Шульга Д. І., Доценко М. О., Курочкін О. С. (2018) Порівняльна характеристика консервативного та хірургічного лікування

кільоподібної деформації грудної клітки у дітей Paediatric surgery (Ukraine) 2018.3(60):18-29; doi 10.15574/ps.2018.60.18 (Дисертантом проведено пошук та аналіз джерел літератури. Здобувач виконав частину хірургічних втручань , виконав аналіз результатів, висновки сформовані спільно з науковим керівником, підготував статтю до друку).

7. Заремба В. Р., Доценко М. О., Бондаренко Є. О. (2017) Модифікація методу Мартінеза–Ферро у лікуванні кільоподібної деформації грудної клітки у дітей Paediatric Surgery (Ukraine) 2(55):19-26; doi10.15574/PS.2017.55.19 (Дисертантом проведено пошук та аналіз джерел літератури. Здобувач ініціював та розробив індивідуалізовану компресійну брейс – систему для корекції кільовидної деформації грудної клітки , виконав аналіз результатів, сформував висновки , підготував статтю до друку) .

8. Данилов О. А., Заремба В. Р., Шульга О. В. (2024) Вторинні порушення форми грудної клітки після корекції лійкоподібної деформації за методом Nuss Paediatric Surgery (Ukraine) 2(83): 19-26. doi: 10.15574/PS.2024.83.19 (Дисертантом проведено пошук та аналіз джерел літератури, виконано аналіз результатів, сформульовано із керівником висновки, підготовано статтю до друку).

Додаток Б

Відомості про апробацію результатів дисертації

1. Об'єднання науки та техніки: до 85 – річчя кафедри дитячої хірургії: науково–практична конференція з міжнародною участю (18-19 травня 2023. Одеса). Одеса, 2023: 196. (форма участі: усна доповідь).
2. «Інноваційні технології в хірургії та анестезіології і інтенсивній терапії дитячого віку»: науково-практичної конференції з міжнародною участю (18 - 19 жовтня 2019. Київ). Київ, 2019 (форма участі: усна доповідь).
3. Третя міжнародна фахова школа для дитячих лікарів хірургічних спеціальностей: «Рух в майбутнє вже сьогодні. Step by step». (8-10 грудня 2023. Львів). Львів, 2023:3. (форма участі: усна доповідь).
4. Друга міжнародна фахова школа для дитячих лікарів хірургічних спеціальностей: «Практична дитяча хірургія» - 2022. (17-18 вересня 2022. Київ). (форма участі – проведення майстер - класу).
5. Охматдитівські читання. III науково – практична конференція із міжнародною участю. (14 - 15 вересня 2023. Київ). Київ, 2023. (форма участі: усна доповідь (I)).
6. Охматдитівські читання. III науково – практична конференція із міжнародною участю. (14 - 15 вересня). Київ, 2023. (форма участі: усна доповідь (II)).
7. Prime Pediatrics 2023 : V конгрес Української Академії Педіатричних Спеціальностей (2 - 4 червня 2023. Львів). Львів, 2023:16. (форма участі: проведення майстер - класу).
8. Актуальні питання дитячої хірургії: Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю.(18-20 листопада 2021. Львів). Львів, 2021:4. (форма участі: усна доповідь).

Додаток В



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154095** (13) **U**

(51) МПК

A61F 5/01 (2006.01)**A61F 5/37** (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2023 00538**(22) Дата подання заявки: **13.02.2023**(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **12.10.2023**(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **11.10.2023, Бюл.№ 41**

(72) Винахідник(и):

**Заремба Віталій Ростиславович (UA),
Бондаренко Григорій Васильович (UA),
Данилов Олександр Андрійович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**Заремба Віталій Ростиславович, вул.
Яблунева, 2-А, с. Станішівка,
Житомирський р-н, 12430 (UA),
Бондаренко Григорій Васильович, вул.
Космонавтів, 58, кв. 78, м. Житомир, 10009 (UA),
Данилов Олександр Андрійович,
вул. Дашкевича, 4-Б, кв. 122, м. Київ, 02139(UA)**

(54) ІНДИВІДУАЛЬНА ДИНАМІЧНА КОМПРЕСІЙНА БРЕЙС-СИСТЕМА ДЛЯ ЛІКУВАННЯ КІЛЕВИДНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ГРУДНОЇ КЛІТКИ

(57) Реферат:

Індивідуальна динамічна компресійна брейс-система для лікування кілевидної деформації грудної клітки виконана у вигляді дугоподібного елемента, з закріпленою до нього компресійною пластиною, механізмом для регулювання тиску, плечовими ременями та тримачем, причому як дугоподібний елемент, так і тримач виконані з алюмінієвого сплаву марки Д16АТ, вкриті газонаповненим матеріалом "педілен", причому компресійна пластина встановлена з можливістю переміщення вздовж дугоподібного елемента, а тримач виконано фігурної форми.

UA 154095 U



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **154106** (13) **U**
 (51) МПК (2023.01)
A61F 5/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
 ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
 "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
 ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
 ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2023 00934</p> <p>(22) Дата подання заявки: 08.03.2023</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 12.10.2023</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 11.10.2023, Бюл.№ 41</p>	<p>(72) Винахідник(и): Заремба Віталій Ростиславович (UA), Бондаренко Григорій Васильович (UA), Данилов Олександр Андрійович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): Заремба Віталій Ростиславович, вул. Яблунева, 2А, с. Станішівка, Житомирський р-н, Житомирська обл., 12430 (UA), Бондаренко Григорій Васильович, вул. Космонавтів, 58, кв. 78, м. Житомир, 10009 (UA), Данилов Олександр Андрійович, вул. Дашкевича, 4Б, кв. 122, м. Київ, 02139 (UA)</p>
---	--

(54) ЛІКУВАЛЬНИЙ ВАКУУМНИЙ ДЗВІН

(57) Реферат:

Лікувальний вакуумний дзвін містить еластичний корпус з приєднаним до нього шлангом з соплами, обладнаним усмоктувальною грушею. Корпус має переглядове скло. Корпус виконано із силікону з різною щільністю за шкалою Шора від 10 до 30 одиниць.

UA 154106 U