

УДК 616.712-007.2-089.843(045)

О.А. Данилов<sup>1,2</sup>, В.Р. Заремба<sup>3</sup>, О.В. Шульга<sup>2,4</sup>

## Вторинні порушення форми грудної клітки після корекції лійкоподібної деформації за методом Nuss

<sup>1</sup>ДУ «Інститут педіатрії, акушерства та гінекології імені академіка О.М. Лук'янової НАМН України», м. Київ

<sup>2</sup>Національний університет охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика, м. Київ

<sup>3</sup>КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради, Україна

<sup>4</sup>КНП «Білоцерківська міська лікарня № 1» Білоцерківської міської ради, Україна

Paediatric Surgery(Ukraine).2024.2(83):19-26; doi 10.15574/PS.2024.83.19

**For citation:** Danylov OA, Zarembo VR, Shulga OV. (2024). Secondary chest deformation after Nuss funnel chest correction. Paediatric Surgery (Ukraine). 2(83): 19-26; doi: 10.15574/PS.2024.83.19.

**Мета** – вивчити вплив еластичності грудної клітки на формування вторинної килеподібної деформації грудної клітки (ВКДГК) і вторинної протрузії реберних дуг (ВПРД) після операції Nuss; визначити групи ризику з виникнення вторинних післяопераційних деформацій для оптимізації обсягу хірургічного втручання в цих групах.

**Матеріали та методи.** Проаналізовано дані в 6 хворих із ВКДГК та 5 дітей із ВПРД, що сформувалися після корекції лійкоподібної деформації грудної клітки за методом Nuss. Досліджено еластичність грудної клітки за допомогою визначення співвідношення її обводу на максимальному вдиху та видиху (показник мобільності – ПМ), а також співвідношення відстані між площиною опори в положенні на спині та передньою поверхнею грудної клітки в нейтральному положенні та в момент компресії (показник податливості – ПП). Для калібрування показників обчислено дані в групі 30 здорових дітей.

**Результати.** Визначено три ступені еластичності грудної клітки серед дітей без деформації грудної клітки: високий (ПМ –  $9,1 \pm 0,9\%$ ; ПП –  $28,1 \pm 1,8\%$ ), середній (ПМ –  $6,8 \pm 0,2\%$ ; ПП –  $22,7 \pm 2,1\%$ ) та низький або ригідна грудна клітка (ПМ –  $4,9 \pm 0,2\%$ ; ПП –  $15,6 \pm 1,8\%$ ). Серед пацієнтів із вторинними деформаціями зафіксовано такі дані: 80% пацієнтів із ВПРД відповідають високому ступеню еластичності грудної клітки, 20% – середньому. Пацієнти з ВКДГК мали у 83,33% випадків високий ступінь еластичності грудної клітки, а 16,67% – середній. ВПРД у 80% випадків поєднувалася з використанням однієї горизонтальної коригувальної пластини. Усі випадки вторинних деформацій пов'язані із симетричним локальним типом лійкоподібної деформації з або без деформацій реберних дуг або з асиметричним локальним типом.

**Висновки.** Для зменшення ризику виникнення ВКДГК слід використовувати в пацієнтів у періоді швидкого росту із високим ступенем еластичності грудної клітки при типі деформації ІА та ІА1 техніки операції Nuss із короткими пластинами; а в разі ризику виникнення протрузії реберних дуг – методику «flare buster». Переважна більшість вторинних деформацій схильна до спонтанної регресії.

Дослідження виконано відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження ухвалено Локальним етичним комітетом зазначених у роботі установ. На проведення досліджень отримано інформовану згоду пацієнтів.

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

**Ключові слова:** деформація грудної клітки, деформація реберних дуг, хірургічна корекція, фіксуєча пластини, еластичність грудної клітки, вторинні деформації грудної клітки, діти.

**Secondary chest deformation after Nuss funnel chest correction**O.A. Danylov<sup>1,2</sup>, V.R. Zaremba<sup>3</sup>, O.V. Shulga<sup>2,4</sup><sup>1</sup>SI «Institute of Pediatrics, Obstetrics and Gynecology of NAMS of Ukraine», Kyiv<sup>2</sup>Shupyk National Healthcare University of Ukraine, Kyiv<sup>3</sup>Zhytomyr Regional Children's Clinical Hospital of the Zhytomyr Regional Council, Ukraine<sup>4</sup>Bilotserkiv City Hospital No. 1 of the Bilotserkiv City Council, Ukraine

**Aim** – studying the influence of the elasticity of the chest on the formation of secondary pectus carinatum and secondary protrusion of costal arches after Nuss procedure in order to determine the risk groups for the occurrence of data of secondary postoperative deformations in order to optimize a surgical intervention in these groups.

**Materials and methods.** We analysed the data of 6 patients with pectus carinatum and 5 children with rib arches protrusion, which were formed as a result of Nuss funnel chest correction. The elasticity of the chest was studied by determining the ratio of its circumference during maximum inhalation and exhalation (mobility index – MI) as well as the ratio of the distance between the support plane in the supine position and the front surface of the chest in a neutral position and at the moment of compression (compliance index – CI). To calibrate the indicators, the data were calculated in a group of 30 healthy children. Depending on the obtained values, 3 degrees of chest elasticity are distinguished: high, medium and rigid chest.

**Results.** 3 degrees of chest elasticity were determined in children without chest deformity: high (MI –  $9.1 \pm 0.9\%$ ; CI –  $28.1 \pm 1.8\%$ ), medium (MI –  $6.8 \pm 0.2\%$ ; CI –  $22.7 \pm 2.1\%$ ) and a low or rigid chest (MI –  $4.9 \pm 0.2\%$ ; CI –  $15.6 \pm 1.8\%$ ). The following data were recorded in patients with secondary deformities: 80% of patients with secondary pectus carinatum had a high degree of elasticity of the chest, 20% – average degree. In 83.33% of cases, patients with secondary rib arches protrusion had a high degree of elasticity of the chest, and 16.67% had an average degree. Secondary rib arches protrusion in 80% of cases is combined with the use of one horizontal bar. All cases of occurrence of secondary deformations are associated with a symmetric local type of funnel chest with or without deformations of costal arches or with an asymmetric local type.

**Conclusions.** Using the Nuss operation technique with short plates in patients in the period of rapid growth with a high degree of elasticity of the chest with type IA and IIA1 of funnel chest can reduce the risk of secondary pectus carinatum; and in cases of high level risk of secondary protrusion of the rib arches the «flare buster» technique can help avoid this complication. The vast majority of secondary deformations are prone to spontaneous regression.

The research was adhered to the principles of the Declaration of Helsinki. The research protocol was agreed by the Local Ethics Committee of the mentioned institution. The patients' informed consent was obtained for the study.

No conflict of interests was declared by the authors.

**Keywords:** chest deformation, costal arches deformation, surgical correction, fixing bar, chest mobility, secondary chest deformations, children.

**Вступ**

Одним з ускладнень хірургічного лікування лічкоподібної деформації грудної клітки (ЛДГК) у дітей є формування вторинних деформацій у вигляді вторинної протрузії реберних дуг (ВПРД) і вторинної килеподібної деформації грудної клітки (ВКДГК). Патогенез зазначених ускладнень залишається маловивченим. У літературі є поодинокі роботи з обмеженою кількістю спостережень. Основною причиною вторинних деформацій після операції Nuss є процес надлишкової проліферації хряща як реакція на операційну травму. Автори не розглядають впливу мобільності грудної клітки на формування вторинних деформацій.

Поширеність ЛДГК становить 1:500–1:1000 новонароджених. Основною причиною захворювання, на думку більшості авторів, є генетично детерміновані метаболічні порушення гіалінового хряща ребер, що зумовлюють зміни в процесах його дозрівання та росту в поєднанні із западанням передньої грудної стінки внаслідок змінених

внутрішньогрудних аспіраційних сил [1,3,7,9,25]. У результаті нестандартних локальних дефектів реберних хрящів можливі різні варіанти деформації ребер із залученням до патологічного процесу груднини [1,8,10,13,22].

На сьогодні існує значна кількість класифікацій ЛДГК, заснованих на формі деформації, характері змін ребер і груднини [2,4,13,17]. Пропонуються варіанти хірургічної корекції з різним розташуванням фіксуєчих пластин та їхньою кількістю [15,18,19,21]. Аналіз досвіду проведення корекції за методом Nuss та його модифікацій свідчить, що хороші результати становлять до 98,5% від загальної кількості оперованих хворих [11,14]. Водночас реєструються пізні післяопераційні ускладнення у вигляді неповної корекції, рецидивів, вторинних деформацій у вигляді ВПРД і ВКДГК [16]. Зважаючи на незначну кількість цих ускладнень, дана проблематика мало досліджується, системні огляди відсутні. Так, Jw. Swanson та співавт. Відзначили ВКДГК у 3 пацієнтів після корекції ЛДГК. У 2 випадках деформація сформувала-

ся після операції за методом Nuss у терміни від 1 до 2 років. Вік хворих становив 11 і 16 років [24].

Основною причиною формування ВКДГК автори вважають активізацію розподілу фіброblastів реберних хрящів [9,24]. ВПРД згадується в роботах переважно як елемент ЛДГК [2,5,19,20,26]. Аналізуючи думки авторів про формування вторинних деформацій грудної клітки після операції Nuss, слід відзначити відсутність згадок про роль еластичності грудної клітки, хоча в роботах розглядається вплив цього фактора на вибір розмірів перерізу коригувальної пластини [26].

Відомості про методику визначення ступеня еластичності грудної клітки є суперечливими. Здебільшого пропонується метод, заснований на механічному стисканні грудної клітки та суб'єктивному оцінюванні ступеня податливості, що не дає змоги об'єктивно оцінювати опір передньої стінки грудної клітки [12]. Немає згадки в роботах щодо ролі мобільності грудної клітки в прогнозах можливих вторинних деформацій [2,7,12,20,24].

**Мета** дослідження – вивчити вплив еластичності грудної клітки на формування ВКДГК і ВПРД після операції Nuss; визначити групи ризику з виникнення вторинних післяопераційних деформацій для оптимізації обсягу хірургічного втручання в цих групах

### Матеріали та методи дослідження

Проаналізовано випадки вторинних пізніх післяопераційних деформацій грудної клітки після хірургічної корекції ЛДГК у дітей за методом Nuss та його модифікаціями. Оперативні втручання проведено на базі хірургічних відділень ДУ «Інститут педіатрії, акушерства та гінекології імені академіка О.М. Лук'янової НАМН України» та КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради у 2018–2021 рр. Прооперовано 78 пацієнтів віком від 9 до 17 років із 2 і 3-м ступенями ЛДГК. У терміни від 6 до 18 місяців після операції зареєстровано формування вторинних деформацій грудної клітки в 11 (14,10%) випадках. У 6 (7,69%) пацієнтів діагностовано ВКДГК, у 5 (6,41%) випадках – ВПРД.

Ретроспективно вивчено варіанти форми ЛДГК згідно з відомими класифікаціями, але за основу взято класифікацію за Park [8,14,20,25], а також визначено ретроспективно показники еластичності грудної клітки до оперативного лікування.

Мобільність грудної клітки визначено як співвідношення різниці довжини обводу грудної клітки на рівні середини проекції грудини під час мак-

симального вдиху та видиху до аналогічних показників при нейтральному положенні грудної клітки. Податливість грудної клітки оцінено шляхом вимірювання передньо-заднього розміру грудної клітки під впливом механічного тиску в сагітальній площині на рівні середини грудини та без впливу такого тиску із визначенням співвідношення отриманих результатів. Із цією метою в положенні на спині виміряно відстань між поперечно розташованою на передній грудній стінці пластині та площиною опори до і після компресії грудної клітки (до моменту виникнення больових відчуттів). Площу входу в лійкоподібну деформацію визначено шляхом вимірювання його вертикального та горизонтального розмірів.

Показник мобільності (ПМ) грудної клітки визначено за формулою:

$$\text{ПМ} = 100 (L_{\text{вдиху}} - L_{\text{видиху}}) / L_{\text{видиху}}, \%$$

де  $L_{\text{вдиху}}$  – обвід грудної клітки на вдиху;

$L_{\text{видиху}}$  – обвід грудної клітки на видиху.

Показник податливості (ПП) грудної клітки визначено за формулою:

$$\text{ПП} = 100 (H_{\text{вдиху}} - H_{\text{видиху}}) / H_{\text{видиху}}, \%$$

де  $H_{\text{вдиху}}$  – передньо-задній розмір грудної клітки на вдиху;

$H_{\text{видиху}}$  – передньо-задній розмір грудної клітки на видиху.

Для визначення фізіологічних констант ПМ і ПП проведено антропометричне обстеження в контрольній групі за участі 30 здорових дітей без деформації грудної клітки. Вік дітей становив  $12,5 \pm 1,8$  року. ПМ коливався в межах від  $3,9 \pm 1,2\%$  до  $10,2 \pm 1,2\%$  ( $p < 0,5$ ). ПП – від  $15,6 \pm 2,1\%$  до  $30,1 \pm 2,3\%$  ( $p < 0,5$ ).

Виділено три групи дітей за ступенями еластичності грудної клітки: низька еластичність (ригідна грудна клітка), середня і висока.

Отримані дані опрацьовано статистично з визначенням  $M \pm m$ , коефіцієнта достовірності за критеріями Стьюдента. Значення встановлено на рівні  $p \leq 0,5$ .

Дослідження проведено відповідно до принципів Гельсінської декларації. Протокол дослідження схвалено Локальними етичними комісіями установ, що брали участь у дослідженні. На проведення досліджень отримано інформовану згоду пацієнтів.

### Результати дослідження та їх обговорення

Ретроспективний аналіз історій хвороби свідчить, що залишкові та вторинні деформації грудної



**Рис. 1.** Пацієнт Р., віком 15 років. Операцію Nuss виконано у зв'язку з рецидивом лікоподібної деформації грудної клітки. Вторинна килеподібна деформація сформувалася через 7 місяців після операції

клітки після операції Nuss спостерігалися при певних формах ЛДГК (табл. 1).

У всіх хворих зі сформованою ВКДГК площа входу в лікоподібну деформацію ЛДГК до операції коливалася в межах від 52 см<sup>2</sup> до 86 см<sup>2</sup>; її величина корелювала з розмірами грудної клітки. Одному пацієнтові з деформацією ІА за класифікацією Park (локальний симетричний тип) операцію виконали повторно внаслідок рецидиву ЛДГК. Перше хірургічне втручання виконали за методом Равіча з фіксацією грудинореберного комплексу металевою пластиною. Вторинна ВКДГК сформувалася через

6 місяців після корекції рецидиву за методом Nuss. В інших випадках ВКДГК утворилася в термін від 7 до 10 місяців.

ВПРД переважно відзначалася після корекції деформації типу ІА за класифікацією Park із комбінованою деформацією реберних дуг. Як правило, протрузія реберних дуг була одним з елементів первинної деформації, проте після операції та усунення западини у 3 хворих вона збільшилася (рис. 1).

Вивчено вплив позиції однієї пластини на ймовірність формування вторинних деформацій (табл. 2).

За отриманими даними, у всіх пацієнтів із ВКДГК виконали корекцію ЛДГК лише однією пластиною в її поперечному розташуванні.

ВПРД за використання похилого розташування пластин відзначалася лише в 1 пацієнта із ВКДГК (20% від загальної кількості хворих із зазначеною деформацією). Отже, можна стверджувати, що найбільша ймовірність виникнення розглянутих ускладнень після операції Nuss спостерігається за вихідної деформації типу ІА без вихідної деформації реберних дуг або за її асиметричного ексцентричного локального типу (ІА1 за Park).

Розподіл випадків ВКДГК такий: 66,6% (n=4) після корекції деформації типу ІА та 33,4% (n=2) – після корекції ЛДГГ типу ІА1. Слід зазначити, що в 1 (16,67%) хворого ВКДГК супроводжувалася депресією реберних дуг. На наш погляд, такий феномен спричинений локальним механічним впливом пластини лише на верхній відділ тіла грудини за відносно великої площі розмірів деформації грудної клітки. І хоча під час операції досягнуто хорошого результату, недостатня площа механічного тиску на

**Таблиця 1**

Розподіл вторинних післяопераційних деформацій грудної клітки залежно від форми лікоподібної деформації

Анатомічний тип ЛДГК	Вторинні деформації грудної клітки			
	ВКДГК		ВПРД	
ІА за класифікацією Park без деформації реберних дуг	4	36,36	3	27,27
Асиметричний ексцентричний локальний тип (ІА1 за класифікацією Park)	2	18,18	–	–
ІА за класифікацією Park (поєднаний із депресією реберних дуг)	–	–	2	18,18
Усього	6	54,55	5	45,45

**Таблиця 2**

Залежність характеру вторинної післяопераційної деформації від розташування коригувальної пластини

Розташування коригувальної пластини	Характер вторинної деформації				Усього	
	ВКДГК		ВПРД			
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Поперечне	6	54,55	4	36,36	10	90,91
Похиле	–	–	1	9,10	1	9,10
Усього	6	54,55	5	45,45	11	100,0



поздовжню вісь грудної клітки в процесі росту пацієнта призвела до формування змішаної деформації (рис. 1 та 2).

Для стандартизації показників еластичності грудної клітки виділено три ступені еластичності серед дітей без деформації грудної клітки. Отримані результати визначення наведено в таблиці 3.

Ретроспективне вивчення мобільності грудної клітки в пацієнтів до корекції ЛДГК за методом Nuss, у яких у подальшому сформувалася ВКДГК, виявило, що в 4 (66,67%) випадках спостерігався високий ступінь і у 2 (33,33%) хворих – середній ступінь мобільності (табл. 4).

Найчастіше (у 5 (83,33%) хворих) збільшення еластичності збігалось з періодом підліткового ростового спурту.

Відзначалася пряма кореляція між термінами формування ВКДГК і подальшим збільшенням її мобільності.

Цей фактор обумовлений насамперед збільшенням об'єму грудної клітки в сагітальній площині та зменшенням величини механічного тиску у формованій зоні деформації. Додатковим фактором, що впливає на збільшення мобільності грудної клітки, є зміна площі дотику пластини з передньою грудною стінкою. Зазначена в деяких випадках депресія реберних дуг і грудної стінки нижче пластини також є наслідком невідповідності між площами механічного впливу на передню грудну стінку вище і нижче деформації.

Отже, найчастіше ВКДГК формувалася після операції Nuss за ІА типу ЛДГК та ексцентричної деформації у хворих із мобільною грудною кліткою та встановленням лише однієї поперечно розташованої пластини.



**Рис. 2.** Пацієнт Р., віком 16 років. Через 1,5 року після формування деформації відзначався регрес. Видалення пластини не проводилося



**Рис. 3.** Пацієнт Л., віком 12 років. Вторинна протрузія реберних дуг. Термін після корекції лікоподібної деформації грудної клітки 1 тиждень

При ВПРД після операції Nuss у 4 (80,0%) випадках визначався високий рівень еластичності грудної стінки, а в 1 (20,0%) випадку – середній рівень (табл. 5).

Враховуючи, що протрузія реберних дуг часто є одним з елементів ЛДГК, то з підйомом запалої частини грудної клітки лише однією пластиною вона зберігається і візуально збільшується (рис. 3).

Цей фактор вказує на недостатню площу тиску на грудину та ребра, особливо при деформації за типом ЛДГК ІА без деформації реберних дуг та ІА, поєднаним із депресією реберних дуг. Найбільш виражена ВПРД виявлялася в перші тижні після операції та супроводжувалася больовим синдромом високої

**Таблиця 3**

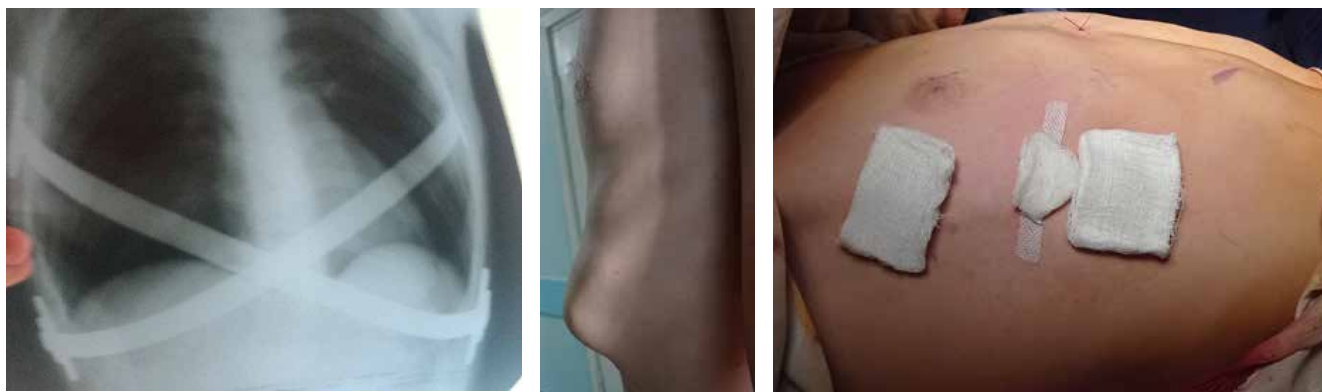
Стандартизовані ступені еластичності грудної клітки

Ступінь еластичності	Кількість		ПМ (%)	ПП (%)
	абс.	%		
Ригідна грудна клітка	8	26,67	4,1±1,2	17,6±1,8
Середній ступінь мобільності	12	40,00	6,8±1,3	22,7±3,2
Високий ступінь мобільності	10	33,33	9,1±1,1	28,1±2,8

**Таблиця 4**

Ступінь еластичності грудної клітки в пацієнтів із вторинною килеподібною деформацією грудної клітки

Показник	Пацієнт					
	I	II	III	IV	V	VI
Вік (років)	12	14	14	15	13	15
ПМ	10,0	9,1	9,5	8,3	10,1	8,1
ПП	30,4	29,4	28,7	29,4	30,7	22,4
Період швидкого росту	-	+	+	+	+	+
Ступінь еластичності	високий	високий	високий	високий	високий	середній



**Рис. 4.** Пацієнт Р., віком 14 років. Корекція ВПРД двома діагонально розташованими пластинами, комбінованою маневром «flare buster»



**Рис. 5.** Пацієнтка К., віком 16 років. Консервативне лікування протрузії лівої реберної дуги

інтенсивності. У пацієнтів реєструвалося збільшення сколіотичної постави, спричиненої больовим синдромом, та зміна положення лопатки на кшталт «крилоподібної». Надалі в міру зменшення больового синдрому кут викривлення хребта зменшився навіть за наявності вихідного сколіозу.

Отже, ВПРД корелюється з еластичністю грудної клітки і залежить від характеру вихідної ЛДГК, а також із класичною методикою операції Nuss (корекція однією поперечно розташованою пластиною).

Враховуючи обмежену кількість хворих, що спостерігаються, достовірно стверджувати про вплив розташування фіксуючої пластини на формування цієї деформації з високим ступенем достовірності не можна.

Вибір лікувальної тактики залежав від типу деформації, її розмірів, часу після корекції ЛДГК.

ВКДГК в усіх пацієнтів, що спостерігалися, досягла максимальних розмірів впродовж 7–10 місяців, після чого в подальшому деформація не збільшувалася. У 4 (66,6%) випадках протягом 12–14 місяців зменшувалися розміри деформації за рахунок росту пацієнта та збільшувалися розміри грудної клітки. У 2 (33,33%) випадках деформація залишалася в ста-

лих межах. Незважаючи на вторинну деформацію, коригувальну пластину не видаляли протягом 2,5–3 років від моменту оперативного лікування. В усіх хворих після видалення пластини був регрес деформації впродовж 6–12 місяців. Тільки в 1 (16,67%) випадку була потрібна корекція залишкової деформації пристроєм зовнішньої компресії. Вважаємо, що в пацієнтів у періоді швидкого росту з високим ступенем еластичності грудної клітки варто використовувати широкую коротку (до 17 мм) пластину, кінці якої фіксувалися б по передньоаксиллярних лініях, або використовувати техніку Pilegaard (коротка пластинка, один зі стабілізаторів опирається на ребра по краю деформації, інший – кріпиться до ребер позаду від передньоаксиллярної лінії).

У пацієнтів із протрузією реберних дуг відзначався видимий регрес деформації після зменшення або ліквідації больового синдрому, а також відновлювалася постава, зменшувалася величина супутнього сколіозу, зникала крилоподібність лопаток. Упродовж 12 місяців спостереження у 3 (60%) хворих спостерігалася ВПРД до проксимально розташованої частини грудної клітки до 0,8–1,2 см. Проведено корекцію деформації двома діагонально розташованими пластинами, доповненою методикою «flare buster» (рис. 4).

Решта пацієнтів не скаржилися на косметичний дефект і від запропонованого оперативного лікування відмовилися, тому проведено консервативне лікування в ортезі – індивідуально виготовлена динамічна компресійна брейс-система (рис. 5).

## Дискусія

D. Nuss та співавт., Н. J. Park [15,17] вважають, що в дітей, особливо до 14 – річного віку, для профілактики рецидиву ЛДГК необхідний високий підйом грудної стінки. Автори не вказують, за допомогою яких способів слід досягати цього результату:

а) збільшенням кількості коригувальних пластин;  
б) зміною їхнього просторового розташування за їхньої імплантації; в) збільшенням кривизни пластин або пластини.

Наведені нами спостереження показують, що наявність певних варіантів деформації, високий ступінь еластичності грудної клітки, а також фіксація грудної стінки лише однією горизонтальною пластиною є можливими причинами виникнення ВКДГК. У зв'язку з цим пропозиція авторів щодо створення оптимального механічного впливу на увігнуту частину грудної клітки за допомогою розрахунку жорсткості пластини [26] має практичний інтерес. Поєднання факторів, що стосуються визначення мобільності грудної клітки, кількості коригувальних пластин, на наш погляд, дають змогу запобігти виникненню ВКДГК. Ця теза збігається з думкою Н. J. Park [19,20], який рекомендує для збільшення площі тиску на грудну клітку імплантів збільшувати їхню кількість. R. Mazhar та співавт. [13] на підставі 3D-комп'ютерної томографії виділяють три анатомічні варіанти ЛДГК залежно від положення руків'я і тіла грудини. Аналогічної думки дотримуються автори, які вважають, що найефективнішим методом профілактики вторинних деформацій при корекції ЛДГК є стернохондропластика [7,21]. Водночас W. Swanson та співавт., аналізуючи причини формування килеподібної деформації, відзначають можливість її виникнення при виконанні як операцій Равіча, так і Nuss [24]. Автори вважають, що основною причиною виникнення ВКДГК є стимуляція фібробластів і, як наслідок, – неправильний ріст реберних хрящів і грудини. Розглядаючи питання лікування цього ускладнення, автори вважають, що слід займати вичікувальну позицію, оскільки зі зростанням хворого настає регрес деформації. Власні спостереження свідчать, що операція Nuss без пересічення або резекції реберних хрящів може впливати на зростання хрящової тканини, проте не є основною причиною деформації. Головним моментом є висока еластичність грудної клітки та локальний тиск на грудину й ребра. Тому для профілактики ускладнення слід розраховувати жорсткість фіксуючої пластини та площу локального тиску на передню грудну стінку з урахуванням її еластичності. Оскільки в більшості пацієнтів у процесі росту спостерігався регрес деформації, можна стверджувати про зміну площі і величини тиску пластини на грудинореберний комплекс.

J. Song та співавт. [23] вважають, що операція Nuss призводить до зменшення об'єму та функції легень.

Власні спостереження показують скорочення мобільності грудної клітки, особливо в перші місяці після операції. Надалі відзначається її збільшення, особливо в разі формування килеподібної деформації, що підтверджує думку про вплив зміни площі та сили тиску пластини на дихальну функцію.

L.F. Haecker та співавт. [6] пропонують для запобігання ВПРД застосовувати діагональне розташування фіксуючих пластин. Аналіз власних спостережень показує, що на формування деформації насамперед впливає площа тиску пластини на ділянку деформації – чим менше площа, тим більша ймовірність формування протрузії. Враховуючи, що протрузія реберних дуг є одним з елементів ЛДГК, можна стверджувати про неповну корекцію форми грудної стінки внаслідок малої площі тиску (встановлення однієї пластини). Водночас у віддалені терміни після операції фіксується регрес деформації внаслідок зростання грудної клітки та збільшення її об'єму. Вважаємо доцільним у пацієнтів у періоді швидкого росту та типом деформації ІА навіть із мінімальними проявами протрузії реберних дуг застосовувати техніку «flare buster».

## Висновки

Підвищена еластичність грудної клітки є однією з причин формування вторинних деформацій після операції Nuss і може бути предиктором таких ускладнень. Для об'єктивного оцінювання еластичності грудної клітки можливе визначення співвідношення її об'єму на максимальному вдиху та видиху, а також співвідношення сагітального розміру в нейтральному положенні та при передньо-задній компресії. Виділення трьох рівнів еластичності грудної клітки дає змогу запобігти формуванню ВКДГК за допомогою визначення оптимальної площі тиску фіксуючих пластин на передню грудну стінку та розрахунку їхньої жорсткості. ВПРД, на наш погляд, є наслідком неповної корекції первинної деформації через недостатню площу тиску на передню грудну стінку та зміну позиції тулуба в результаті больового синдрому. Для запобігання ВКДГК у пацієнтів із високим ризиком її розвитку слід використовувати коротку широку пластину (у т.ч. техніку Pilegaard), а для уникнення вторинної протрузії реберних дуг – техніку «flare buster». У лікуванні вторинних деформацій грудної клітки після операції Nuss слід дотримуватися вичікувальної тактики, оскільки можлива їхня спонтанна регресія в процесі зростання пацієнта.

*Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.*



## Original articles. Thoracic surgery

### References/Література

1. Brochhausen C, Tural S et al. (2012). Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 14(6): 801–806. Epub 2012 Mar 5. doi: 10.1093/icvts/ivs045.
2. Cho DJ. (2018). Decurrence of pectus excavatum following the Nuss procedure. *J of Thoracic Disease.* 10; 11: 6201–6210.
3. Colombani PM. (2009). Preoperative Assessment of Chest Wall Deformities. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 21: 58–63.
4. Gosztyla CE, Petrosyan M, Kane T, Ma G, Valaparla SK, McCarter R et al. (2022, Jun). Mini thoracic CT adequately determines Haller index and decreases radiation exposure in children with pectus excavatum. *J Pediatr Surg.* 57(6): 1076–1078. Epub 2022 Feb 1. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2022.01.040. PMID: 35216798.
5. Haecker F et al. (2022, Apr). Current Development of Minimally Invasive Repair of Pectus Excavatum. *Children (Basel).* 9(4): 478. doi: 10.3390/children9040478.
6. Haecker LF et al. (2023). To cross or not cross: the cross – bar technique to correct pectus excavatum with «Costal Flying». *Lung.* 1; 1: 107–110.
7. Haje SA et al. (1999). Growth disturbance of the sternum and pectus deformities: imaging studies and clinical correlation. *J. Pediatr Radiol.* 29(5): 334–341. doi: 10.1007/s002470050602.
8. Konovkin GA. (2017). Clinical types of chest wall deformities. *Genij Ortopedic.* 23(2): 241–247.
9. Lanrentin V. (2022). Current concepts in the etiology and pathogenesis of pectus excavatum in humans a systematic review. *J Clin Medic.* 11(5): 1241–1245.
10. Lee C et al. (2021). Measurement of sternal curvature angle on patients with pectus fand control. *J Acta Ortopedic Brasilia.* 29: 255–262.
11. Li H et al. (2023). Modified Nuss procedure for the treatment of pectus excavatum: Experience of 259 patients. *Asian Journal of Surgery.* 46; 2: 692–697. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2022.06.080>.
12. Martinez-Ferro M, Bellia-Munzon G, Schewitz IA, Toselli L. (2019). Pectus carinatum: When less is more. *Afr J Thorac Crit Care Med.* 25(3). doi: 10.7196/AJTCCM.2019.v25i3.019.
13. Mazhar R. (2015). The ABC of Pectus Excavatum: a novel anatomical classification system. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 10; Suppl 1: Article 277. doi: 10.1186/1749–8090–10-S1-A277.
14. Nuss D. (2008). Minimally invasive surgical correction of chest wall deformities in children (Nuss procedure). *Adv Pediatr.* 55: 395–410. doi: 10.1016/j.yapd.2008.07.012.
15. Nuss D. (2016). Pectus excavatum from a pediatric surgeon's perspective. *Ann Cardiothorac Surg.* 5(5): 493–500. doi: 10.21037/acs.2016.06.04.
16. Ohno K et al. (2009). Modification of the Nuss procedure for pectus excavatum to prevent cardiac perforation. *J Pediatr Surg.* 44(12): 2426–2430. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2009.09.006.
17. Park HJ. (2004). The Nuss procedure for pectus excavatum: evolution of techniques and early results on 322 patients. *Ann Thorac Surg.* 77(1): 289–295. doi: 10.1016/s0003–4975(03)01330–4.
18. Park HJ. (2012). A technique for complex pectus excavatum repair the cross – bar technique for grant canyon type deformity. *Ann Cardiothoracic Surgery.* 5(5): 526–529.
19. Park HJ et al. (2016). A Next-Generation Pectus Excavatum Repair Technique: New Devices Make a Differenc. *The Annals of Thoracic Surgery.* 99; 2: 455–461. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2014.08.026>.
20. Park J, Jeong JY, Jo WM, Shin JS. (2010, Feb). Minimally invasive repair of pectus excavatum: a novel morphology-tailored, patient-specific approach. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 139; 2: 379–386. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.09.003>.
21. Po-Cheng Lo. (2020, May 29). The Nuss procedure for pectus excavatum: An effective and safe approach using bilateral thoracoscopy and a selective approach to use multiple bars in 296 adolescent and adult patients. *PLoS One.* 15(5): e0233547. doi: 10.1371/journal.pone.0233547.
22. Sharniq J, Carter YM. (2022). Pectus excavates. *Stat Pearls Publishing.* URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430918/>.
23. Song J, Wang Q, Pan Z, Wu C et al. (2022, Feb 8). The Safety and Efficacy of the Modified Single Incision Non-thoracoscopic Nuss Procedure for Children With Pectus Excavatum. *Front Pediatr.* 10: 831617. doi: 10.3389/fped.2022.831617. PMID: 35211432; PMCID: PMC8861268.
24. Swanson JW et al. (2008). Reactive pectus carinatum in patients treated for pectus excavatum. *Journal of Pediatric Surgery.* 3(8): 1468–1473.
25. Yodava OP. (2002). Pectus excavatum Indian. *Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 37(5): 603–604.
26. Zarembo VR, Danylov OA. (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.

### Відомості про авторів:

**Данилов Олександр Андрійович** – д.мед.н., проф. каф. дитячої хірургії, анестезіології та реанімації, ортопедії та травматології НУОЗ України ім. П.Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Дорогожицька, 9. <https://orcid.org/0000-0002-4605-7032>.

**Заремба Віталій Ростиславович** – лікар-хірург дитячий, зав. хірургічним відділенням № 2 КНП «Житомирська обласна дитяча клінічна лікарня» Житомирської обласної ради. Адреса: Житомирська обл., Житомирський р-н, с. Станішівка, Сквирське шосе, 6. <https://orcid.org/0000-0003-4231-4342>.

**Шульга Олександр Володимирович** – к.мед.н., лікар-ортопед-травматолог дитячий КНП «Білоцерківська міська лікарня № 1»; асистент каф. дитячої хірургії, анестезіології, ортопедії та травматології НУОЗ України ім. П.Л. Шупика. Адреса: м. Київ, вул. Дорогожицька, 9. <https://orcid.org/0000-0002-9962-2816>.

Стаття надійшла до редакції 26.12.2023 р., прийнята до друку 14.05.2024 р.