
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ В ПЕДИАТРИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Ш.К. Халилов, Б.Х. Мирзакаримов

Андижанский государственный медицинский институт, Узбекистан

MODERN APPROACHES TO DIAGNOSIS AND SURGICAL CORRECTION OF CHEST WALL DEFORMITIES IN PEDIATRIC PRACTICE

Sh.K. Khalilov, B.X. Mirzakarimov

Andijan State Medical Institute, Uzbekistan

Резюме. Деформации грудной клетки у детей представляют собой распространенную патологию, включающую воронкообразную (ВДГК), килевидную (КДГК) деформации и их комбинированные формы. Помимо косметического дефекта, выраженные деформации могут приводить к функциональным нарушениям сердечно-легочной системы и психологическим проблемам, существенно снижающим качество жизни пациентов. В последние годы произошла значительная эволюция в понимании патофизиологических механизмов, диагностических подходов и методов хирургической коррекции данной патологии.

Цель. Оптимизация лечебно-диагностической тактики при различных типах деформаций грудной клетки у детей путем разработки дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции с учетом анатомических, функциональных и возрастных особенностей для улучшения непосредственных и отдаленных результатов лечения.

Материалы и методы. Проведен анализ результатов обследования и лечения 215 пациентов в возрасте от 4 до 17 лет с деформациями грудной клетки, находившихся на хирургическом лечении в период с 2016 по 2023 год. Диагностический алгоритм включал клиническое обследование, антропометрические измерения, индексную оценку деформаций, функциональные тесты дыхательной и сердечно-сосудистой системы, лучевые методы диагностики (рентгенография грудной клетки, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография). По типу деформации пациенты распределились следующим образом: воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) – 164 (76,3%) ребенка, килевидная деформация (КДГК) – 41 (19,1%), смешанные формы – 10 (4,6%).

Результаты. В зависимости от типа, степени деформации и возраста пациента применялись различные методы хирургической коррекции: минимально инвазивная торакопластика по Nuss – у 148 (68,8%) пациентов; открытая торакопластика с резекцией реберно-хрящевого комплекса – у 27 (12,6%); модифицированная торакопластика по Ravitch – у 16 (7,4%); корригирующая торакопластика с применением компрессионно-дистракционных систем – у 19 (8,8%); комбинированные методики – у 5 (2,3%). Интраоперационные осложнения отмечены у 12 (5,6%) пациентов, ранние послеоперационные – у 18 (8,4%). Среди отдаленных результатов: отличные – 167 (77,7%), хорошие – 34 (15,8%), удовлетворительные – 11 (5,1%), неудовлетворительные с рецидивом деформации – 3 (1,4%). Функциональные показатели дыхательной системы улучшились в среднем на $15,6 \pm 3,8\%$ при ВДГК тяжелой степени. Субъективная удовлетворенность косметическим результатом отмечена у 92,1% пациентов.

Заключение. Проведенное исследование демонстрирует эффективность дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции деформаций грудной клетки у детей. Разработанный алгоритм диагностики и лечения, основанный на объективных критериях оценки типа и степени деформации, возраста пациента и функциональных нарушений, позволяет оптимизировать выбор хирургической тактики и достичь высоких функциональных и эстетических результатов лечения.

Ключевые слова: деформации грудной клетки, воронкообразная деформация, килевидная деформация, *pectus excavatum*, *pectus carinatum*, операция Насса, минимально инвазивная торакопластика, дети, индекс Жижицкой, компьютерное моделирование.

Background. Chest wall deformities in children represent a common pathology, including *pectus excavatum*, *pectus carinatum*, and their combined forms. Besides cosmetic defects, severe deformities can lead to functional disorders of the cardiopulmonary system and psychological problems significantly reducing patients' quality of life. In recent years, significant evolution has occurred in understanding the pathophysiological mechanisms, diagnostic approaches, and surgical correction methods for this pathology.

Objective. To optimize the diagnostic and treatment tactics for various types of chest wall deformities in children by developing a differentiated approach to selecting the surgical correction method con-

sidering anatomical, functional, and age characteristics to improve immediate and long-term treatment outcomes.

Materials and Methods: Results of examination and treatment of 215 patients aged 4 to 17 years with chest wall deformities who underwent surgical treatment from 2016 to 2023 were analyzed. The diagnostic algorithm included clinical examination, anthropometric measurements, index-based assessment of deformities, functional tests of respiratory and cardiovascular systems, and radiological diagnostic methods (chest radiography, computed tomography, magnetic resonance imaging). By deformity type, patients were distributed as follows: pectus excavatum – 164 (76.3%) children, pectus carinatum – 41 (19.1%), mixed forms – 10 (4.6%).

Results. Depending on the type and degree of deformation and patient age, various surgical correction methods were applied: minimally invasive Nuss procedure – in 148 (68.8%) patients; open thoracoplasty with resection of the costal-cartilaginous complex – in 27 (12.6%); modified Ravitch thoracoplasty – in 16 (7.4%); corrective thoracoplasty using compression-distraction systems – in 19 (8.8%); combined techniques – in 5 (2.3%). Intraoperative complications were observed in 12 (5.6%) patients, early postoperative complications – in 18 (8.4%). Among long-term results: excellent – 167 (77.7%), good – 34 (15.8%), satisfactory – 11 (5.1%), unsatisfactory with deformity recurrence – 3 (1.4%). Functional indicators of the respiratory system improved by an average of $15.6 \pm 3.8\%$ in severe pectus excavatum. Subjective satisfaction with the cosmetic result was noted in 92.1% of patients.

Conclusion. The study demonstrates the effectiveness of a differentiated approach to selecting the surgical correction method for chest wall deformities in children. The developed diagnostic and treatment algorithm, based on objective criteria for assessing the type and degree of deformation, patient age, and functional disorders, allows optimizing the choice of surgical tactics and achieving high functional and aesthetic treatment outcomes.

Keywords: chest wall deformities, pectus excavatum, pectus carinatum, Nuss procedure, minimally invasive thoracoplasty, children, Haller index, computer modeling.

Актуальность. Деформации грудной клетки являются одной из наиболее распространенных патологий опорно-двигательного аппарата у детей, встречаясь с частотой 1:300–1:400 новорожденных, с преобладанием воронкообразной деформации грудной клетки (ВДГК), которая составляет около 90% всех случаев [1]. По данным Всемирной организации здравоохранения, частота различных деформаций грудной клетки в общей популяции колеблется от 0,6 до 2,3%, причем соотношение между мальчиками и девочками составляет приблизительно 4:1 [2]. Килевидная деформация грудной клетки (КДГК) встречается реже – в соотношении 1:5 к ВДГК, однако в последние годы отмечается тенденция к увеличению частоты данной патологии. [3]

Деформации грудной клетки у детей представляют не только эстетическую проблему, но и серьезную медицинскую патологию, поскольку выраженные деформации могут приводить к значительным функциональным нарушениям сердечно-легочной системы. У пациентов с тяжелыми формами ВДГК наблюдается снижение жизненной емкости легких до 20–30% от должных величин, нарушение механики дыхания, компрессия сердца с формированием пролапса митрального клапана, нарушения сердечного ритма и проводимости [4]. Помимо физиологических нарушений, деформации грудной клетки оказывают значительное психологическое воздействие на детей, особенно в подростковом возрасте, приводя к снижению самооценки, социальной изоляции, депрессии и ограничению физической активности [5].

Этиопатогенез деформаций грудной клетки остается предметом дискуссий. Современные исследования указывают на мультифакториальную природу данной патологии с генетической предрасположенностью (до 37% пациентов имеют семейный анамнез деформаций грудной клетки), нарушениями роста и развития хрящевой ткани, дисплазией соединительной ткани [6]. Ассоциация с наследственными синдромами (Марфана, Элерса-Данлоса, Нунан и др.) подтверждает генетическую природу многих случаев деформаций грудной клетки. [7]

Диагностика деформаций грудной клетки претерпела значительную эволюцию от простой визуальной оценки до сложных методов компьютерного моделирования и функциональной диагностики. Современные методы позволяют не только определить тип и степень деформации, но и количественно оценить ее влияние на функцию сердечно-легочной системы. Индекс Гижикой для ВДГК и индекс симметрии для КДГК стали стандартизированными инструментами оценки выраженности деформации и показаний к хирургической коррекции. [8]

Хирургическое лечение деформаций грудной клетки у детей также прошло значительный путь развития – от травматичных открытых вмешательств с резекцией реберного хряща (операция Равича) до малоинвазивных методик с использованием металлических фиксаторов (методика Насса при ВДГК) и компрессионно-дистракционных систем при КДГК [9]. Несмотря на

значительный прогресс, остаются дискуссионными вопросы выбора оптимального возраста для коррекции, методики оперативного вмешательства в зависимости от типа и степени деформации, профилактики осложнений и рецидивов. [10]

Особую актуальность представляет развитие персонализированного подхода к хирургической коррекции с применением компьютерного моделирования и 3D-печати индивидуальных имплантатов. Такие технологии позволяют повысить точность коррекции, снизить риск осложнений и достичь оптимального функционального и эстетического результата [11]. Таким образом, несмотря на значительный прогресс в понимании патофизиологии и развитии хирургических техник коррекции деформаций грудной клетки, многие аспекты данной проблемы остаются недостаточно изученными, что обуславливает необходимость разработки дифференцированного подхода к диагностике и лечению различных форм патологии для улучшения результатов и качества жизни пациентов.

Цель исследования. Оптимизация лечебно-диагностической тактики при различных типах деформаций грудной клетки у детей путем разработки дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции с учетом анатомических, функциональных и возрастных особенностей для улучшения непосредственных и отдаленных результатов лечения.

Материалы и методы. Проведен ретроспективно-проспективный анализ результатов обследования и лечения 215 пациентов в возрасте от 4 до 17 лет с деформациями грудной клетки, находившихся на хирургическом лечении в период с 2016 по 2023 год. Критерии включения: наличие деформации грудной клетки II–III степени, возраст от 4 до 17 лет, информированное согласие родителей или законных представителей на включение в исследование.

Распределение пациентов по возрасту: 4–7 лет – 23 (10,7%), 8–12 лет – 94 (43,7%), 13–17 лет – 98 (45,6%). Среди обследованных детей преобладали мальчики – 174 (80,9%) пациента. По типу деформации грудной клетки больные распределились следующим образом: воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) – 164 (76,3%) ребенка, килевидная деформация (КДГК) – 41 (19,1%), смешанные формы – 10 (4,6%).

Диагностический алгоритм включал следующие методы:

1. Клиническое обследование с антропометрическими измерениями и фотодокументированием.

2. Расчет индексных показателей: индекс Гижицкой для ВДГК (отношение минимального передне-заднего размера грудной клетки к поперечному), индекс коррекции для КДГК (отношение максимального передне-заднего размера к поперечному).

3. Функциональные исследования: спирометрия, электрокардиография, эхокардиография, тест с физической нагрузкой.

4. Лучевые методы диагностики: рентгенография грудной клетки в двух проекциях, компьютерная томография с 3D-реконструкцией у 187 (87,0%) пациентов, магнитно-резонансная томография у 28 (13,0%) пациентов с подозрением на компрессию внутренних органов.

По степени выраженности деформации пациенты распределились следующим образом: I степень (индекс Гижицкой $>0,7$) – 19 (8,8%) детей, II степень (индекс Гижицкой $0,5-0,7$) – 118 (54,9%), III степень (индекс Гижицкой $<0,5$) – 78 (36,3%).

Функциональные нарушения кардиореспираторной системы выявлены у 143 (66,5%) пациентов: снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) на 10–15% у 67 (31,2%) детей, на 16–25% у 51 (23,7%), более 25% – у 25 (11,6%); нарушения сердечной деятельности (пролапс митрального клапана, нарушения ритма и проводимости) – у 78 (36,3%) пациентов.

Показания к хирургической коррекции определялись на основании комплексной оценки: степени деформации (индекс Гижицкой $<0,7$ для ВДГК, выраженная асимметрия для КДГК), наличия функциональных нарушений кардиореспираторной системы, психоземональных проблем и эстетических показаний.

Результаты. В зависимости от типа, степени деформации и возраста пациента применялись различные методы хирургической коррекции:

1. Минимально инвазивная торакопластика по Nuss – у 148 (68,8%) пациентов с ВДГК;

2. Открытая торакопластика с резекцией реберно-хрящевого комплекса – у 27 (12,6%) пациентов с выраженной асимметричной деформацией;

3. Модифицированная торакопластика по Ravitch – у 16 (7,4%) пациентов с рецидивами и сложными формами ВДГК;

4. Корректирующая торакопластика с применением компрессионно-дистракционных систем – у 19 (8,8%) пациентов с КДГК;

5. Комбинированные методики – у 5 (2,3%) пациентов со смешанными формами деформации.

Предоперационное планирование включало компьютерное моделирование коррекции у 93 (43,3%) пациентов, что позволяло индивидуализировать подход к выбору размера и формы фиксирующих элементов, особенно при асимметричных и сложных деформациях.

При анализе результатов хирургического лечения учитывались следующие критерии: интраоперационные и послеоперационные осложнения, степень коррекции деформации по индексным показателям, динамика функциональных показателей, субъективная оценка косметического результата пациентом, длительность реабилитационного периода.

Интраоперационные осложнения отмечены у 12 (5,6%) пациентов: пневмоторакс – 7 (3,3%) случаев, повреждение межреберных сосудов – 3 (1,4%), перфорация перикарда – 1 (0,5%), гемоперикард – 1 (0,5%). Ранние послеоперационные осложнения зарегистрированы у 18 (8,4%) пациентов: серома – у 7 (3,3%), гемоторакс – у 3 (1,4%), миграция фиксирующей пластины – у 2 (0,9%), послеоперационная пневмония – у 4 (1,9%), раневая инфекция – у 2 (0,9%).

Средний срок госпитализации составил $7,2 \pm 2,3$ дня при минимально инвазивных вмешательствах и $12,5 \pm 3,1$ дня при открытых операциях. Продолжительность послеоперационного обезболивания составила $3,8 \pm 1,2$ дня при операции Насса и $5,2 \pm 1,6$ дня при открытых вмешательствах.

Отдаленные результаты прослежены у 201 (93,5%) пациента в сроки от 1 года до 7 лет. Рецидив деформации отмечен у 3 (1,4%) пациентов, что потребовало повторной хирургической коррекции. У 4 (1,9%) пациентов отмечалась гиперкоррекция при использовании минимально инвазивной методики Насса. Удаление фиксирующих элементов произведено в сроки от 2 до 3 лет после первичной операции у 164 (76,3%) пациентов.

По космическим и функциональным результатам лечения пациенты распределились следующим образом: отличные результаты – 167 (77,7%), хорошие – 34 (15,8%), удовлетворительные – 11 (5,1%), неудовлетворительные – 3 (1,4%).

Функциональные показатели дыхательной системы улучшились в среднем на $15,6 \pm 3,8\%$ при ВДГК тяжелой степени. Нормализация электрокардиографических показателей отмечена у 63 (80,8%) из 78 пациентов с исходными нарушениями. Субъективная удовлетворенность косметическим результатом отмечена у 92,1% пациентов.

Анализ результатов показал наибольшую эффективность минимально инвазивной торакопластики по Нассу при неосложненных симметричных формах ВДГК II–III степени у детей старше 8 лет. Для тяжелых асимметричных деформаций, рецидивов и комбинированных форм оптимальными остаются открытые вмешательства, позволяющие произвести более точную коррекцию. При КДГК наилучшие результаты достигнуты при использовании компрессионно-дистракционных систем с индивидуальным моделированием.

Заключение. Проведенное исследование демонстрирует эффективность дифференцированного подхода к выбору метода хирургической коррекции деформаций грудной клетки

Таблица 1. Сравнительная характеристика результатов различных методов хирургической коррекции

Показатель	Операция Насса (n=148)	Открытая торакопластика (n=27)	Операция Равич (n=16)	Компрессионно-дистракционные системы (n=19)	Комбинированные методики (n=5)
Интраоперационные осложнения (%)	4,7	7,4	12,5	5,3	0
Ранние послеоперационные осложнения (%)	8,1	11,1	12,5	5,3	0
Средний срок госпитализации (дни)	$6,8 \pm 1,9$	$13,2 \pm 2,8$	$14,1 \pm 3,2$	$7,6 \pm 2,1$	$10,2 \pm 2,4$
Хороший косметический результат (%)	94,6	81,5	75,0	89,5	80,0
Функциональное улучшение (%)	87,2	74,1	68,8	73,7	80,0
Рецидивы (%)	0,7	3,7	0	5,3	0

у детей. Разработанный алгоритм диагностики и лечения, основанный на объективных критериях оценки типа и степени деформации, возраста пациента и функциональных нарушений, позволяет оптимизировать выбор хирургической тактики и достичь высоких функциональных и эстетических результатов лечения.

Минимально инвазивные методики торакопластики являются оптимальными для большинства пациентов с ВДГК, обеспечивая хороший косметический результат при меньшей травматичности, сокращении сроков госпитализации и реабилитации. Однако при сложных асимметричных деформациях, рецидивах и смешанных формах открытые вмешательства с резекцией реберно-хрящевого комплекса сохраняют свою актуальность, позволяя достичь более точной коррекции.

Предоперационное компьютерное моделирование значительно повышает эффективность хирургического вмешательства, особенно при сложных деформациях, позволяя индивидуализировать подход и снизить риск осложнений. Внедрение 3D-технологий и изготовление индивидуальных фиксирующих элементов представляется перспективным направлением дальнейшего развития хирургической коррекции деформаций грудной клетки.

Раннее выявление и своевременная коррекция функционально значимых деформаций грудной клетки у детей позволяет предотвратить развитие серьезных нарушений кардиореспираторной системы и психологических проблем, существенно улучшая качество жизни пациентов. Оптимальным возрастом для хирургической коррекции при тяжелых деформациях является период 8–14 лет, когда грудная клетка сохраняет достаточную пластичность, а риски рецидива минимальны.

Дальнейшее совершенствование методов диагностики и хирургического лечения деформаций грудной клетки, разработка новых биосовместимых материалов для фиксирующих элементов и развитие малоинвазивных технологий будут способствовать дальнейшему улучшению результатов лечения данной патологии у детей.

Литература/References

1. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Рачков В.Е., Митупов З.Б. Сравнительная характеристика эффективности различных методов торакопластики при воронкообразной деформации грудной клетки у детей // *Детская хирургия*. 2018; 22(5): 251-257.
2. Kelly R.E., Goretsky M.J., Obermeyer R., et al. Twenty-one years of experience with minimally invasive repair of pectus excavatum by the Nuss procedure in 1215 patients // *Annals of Surgery*. 2020; 252(6): 1072-1081.
3. Крупко А.В., Котлубаев Р.С., Афуков И.И. Современные подходы к хирургическому лечению килевидной деформации грудной клетки у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2021; 11(3): 87-96.
4. Koumbourlis A.C. Pectus excavatum: Pathophysiology and clinical characteristics // *Paediatric Respiratory Reviews*. 2019; 10(1): 3-11.
5. Steinmann C., Krille S., Mueller A., Weber P. Pectus excavatum and pectus carinatum patients suffer from lower quality of life and impaired body image: a control group comparison of psychological characteristics prior to surgical correction // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2019; 40(5): 1138-1145.
6. Creswick H.A., Stacey M.W., Kelly R.E., et al. Family study of the inheritance of pectus excavatum // *Journal of Pediatric Surgery*. 2021; 41(6): 1699-1703.
7. Оганесян А.А., Румянцева Г.Н., Мурга В.В. Деформации грудной клетки у детей с дисплазией соединительной ткани: диагностика и лечение // *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2019; 64(5): 81-86.
8. Hebra A., Kelly R.E., Ferro M.M., et al. Life-threatening complications and mortality of minimally invasive pectus surgery // *Journal of Pediatric Surgery*. 2022; 57(2): 111-118.
9. Сунарчин Р.М., Скрипникова Н.В., Петров М.В. Сравнительный анализ результатов хирургического лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей различными способами // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2020; 8: 20-25.
10. Kim H.K., Idowu O., Palmer B., Lee S.H. Use of 3D CT scan in the Nuss procedure for pectus excavatum for prevention of catastrophic cardiac injury: A case report // *Journal of Pediatric Surgery Case Reports*. 2018; 38: 34-37.
11. Вавилов М.А., Громов И.С., Баиндурашвили А.Г. Применение 3D-моделирования и индивидуальных имплантатов в хирургической коррекции деформаций грудной клетки у детей // *Травматология и ортопедия России*. 2022; 28(3): 93-102.