

## ОБЗОР

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2013

УДК 616.712-007.24-089

В. А. Плякин<sup>1</sup>, И. О. Кулик<sup>2</sup>, О. О. Саруханян<sup>1</sup>**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОПЕРАЦИЙ НАССА И РАВИЧА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ВОРОНКООБРАЗНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ**<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии, 119180, Москва, ул. Большая Полянка, 22<sup>2</sup>МБУЗ Домодедовская центральная городская больница, 142000, г. Домодедово, ул. Пирогова, 9

*Воронкообразная деформация грудной клетки — врожденное заболевание, проявляющееся разнообразным по форме западением грудины и хрящевых отделов ребер. Несмотря на огромное количество операций, которые в настоящее время применяются, наибольшее распространение получили две: открытая операция Ravitch и минимально инвазивная операция Nuss. Проблема выбора метода хирургической коррекции остается актуальной и до сих пор вызывает многочисленные споры среди специалистов.*

*Ключевые слова:* воронкообразная деформация грудной клетки, лечение воронкообразной деформации грудной клетки

## COMPARISON OF MINIMALLY INVASIVE NUSS PROCEDURE AND RAVITCH PECTUS EXCAVATUM REPAIR

V. A. Pliakin, I. O. Kulik, O. O. Sarukhanian

Scientific Research Institute of Urgent Pediatric Surgery and Traumatology, Moscow

MBUZ Domodedovo Central Town Hospital, Domodedovo

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) — самая распространенная деформация грудной стенки, характеризующаяся депрессией грудины и реберных хрящей [1, 2]. Частота развития этого порока составляет 1 на 400—1000 детей [3].

ВДГК проявляется не только косметическим дефектом, но и клиническими симптомами, связанными с нарушениями со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем [4]. Пациенты с выраженными деформациями предъявляют жалобы на частые респираторные инфекции, боли в грудной клетке, слабость, повышенную утомляемость, снижение толерантности к физической нагрузке, сердцебиение, боли в области сердца, диспноэ, а также имеют психосоциальные проблемы. Показаниями к хирургической коррекции являются в большей степени функциональные нарушения и в меньшей — косметический дефект [5—10]. Жалобы на одышку при физической нагрузке, нарушения сердечного ритма, боли в области сердца, а также проявления астеновегетативного синдрома в виде повышенной утомляемости и слабости зависят от степени деформации грудной клетки.

В литературе описано более 80 различных вариантов хирургических вмешательств и их модификаций для коррекции ВДГК, из которых наибольшее распространение получили два вида операций: операция, впервые описанная M. Ravitch, и минимально инвазивная операция D. Nuss [11, 12].

Отдельного внимания заслуживает методика стернохондропластики, но рассмотрение и оценка данной методики в задачи статьи не входят [14, 15].

Операция Равича для коррекции ВДГК и ее многочисленные модификации успешно применяются с

60-х годов прошлого века [5, 13—18]. Оригинальная операция Равича включает в себя следующие этапы: отделение межреберных мышц от грудины, субперихондральная резекция реберных хрящей, фиксация вторых реберных хрящей в виде "черепицы", поперечная остеотомия грудины с последующей установкой хрящевой распорки в место стернотомии [12].

Существует большое количество модификаций операции Равича: с использованием сетки [19, 20]; без отделения межреберных мышц от грудины [20]; с использованием ребра на сосудистой ножке в качестве ретростеральной поддерживающей пластины [21]; сочетание двух поперечных и одной продольной стернотомии с последующей имплантацией пластины в виде "крыла чайки" [22]; с различными вариантами резекции реберного хряща [1, 6].

Наиболее широко используемая модификация операции Равича включает в себя: разрез кожи на передней грудной стенке, полное или частичное удаление деформированных реберных хрящей или же их пересечение, выполнение поперечной клиновидной стернотомии с последующей установкой аллотрансплантата или различного вида металлоконструкций для фиксации грудины в правильном положении. Металлоконструкцию удаляют через 6—12 мес [5, 23, 24].

Сторонники модифицированной операции Равича отмечают меньшие себестоимость операции, продолжительность госпитализации, менее выраженный болевой синдром в послеоперационном периоде [1, 5, 25, 26].

По данным литературы операции с использованием методики Равича и ее модификаций обеспечивают

хорошие и отличные результаты в 90% случаев [5, 17, 23, 27].

Операция Насса, предложенная в 1998 г., заключается в проведении С-образной пластины за грудиной для фиксации грудной клетки в правильном положении. Пластины удаляют через 2—4 года и позже [28].

Методика, впервые описанная Дональдом Нассом [11], позиционируется как минимально инвазивная методика для детей, так как эта операция не сопровождается разрезами кожи на передней грудной стенке, резекцией реберных хрящей и стернотомией, в связи с чем уменьшаются время ее выполнения и соответственно длительность наркоза. Благодаря указанным преимуществам операция быстро приобрела большую популярность у хирургов, занимавшихся этой проблемой [26, 29—32], однако настораживает большое количество осложнений, связанных с оперативными вмешательствами по данной методике, таких как инфицирование и миграция пластины, пневмония, наличие выпота в плевральной полости, гемоторакс, пневмоторакс, серома, некроз кожи, перикардит, выраженный болевой синдром в послеоперационном периоде и даже перфорация сердца во время проведения пластины, жизнеугрожающее кровотечение во время удаления пластины [26, 31, 33—35]. Необходимость в выполнении повторных оперативных вмешательств, связанных с указанными осложнениями, возникала по данным авторов в 4,1—11% случаев [11, 26, 31].

Ряд авторов указывают на необходимость выполнения длительной седации и продленной эпидуральной анестезии в послеоперационном периоде, в связи с наличием длительного болевого синдрома после операции Насса [11, 26, 29, 30, 36]. Некоторые пациенты предъявляли жалобы на длительную резидуальную боль и требовали анальгезии в течение длительного срока после выписки из стационара [31].

По мнению Н. J. Park, операция Насса требует некоторых изменений формы металлоконструкции и/или установки дополнительных пластин, J. J. Clark предлагает проведение пластины через единственный боковой разрез справа, а Y. S. Yoon — использование комбинаций пластин с фиксацией в трех точках [37—39]. Некоторые хирурги используют добавление к основному методу Насса хондротомии, стернотомии, применения торакоскопической техники и интрадьюсеров [40, 41]. Все эти изменения предложены для уменьшения количества осложнений при использовании основной методики и для более безопасного проведения и удаления пластины.

Косметические результаты операции Насса расцениваются как "отличные" и "хорошие" в более чем 85% случаев [41], хотя, по данным автора методики, эти результаты достигают 95% [35].

По мнению большинства хирургов, операцию лучше всего выполнять в подростковом возрасте, когда скелет практически полностью сформировался [1, 15, 22, 29,

42, 43], однако оптимальный возраст для проведения операции у детей остается до конца неясным [1, 5, 15, 22, 43, 44]. В настоящее время большинство хирургов отдают предпочтение выполнению операции в подростковом возрасте, что, по их мнению, позволяет снизить риск рецидива из-за неадекватного роста грудной клетки, однако детям со значительными нарушениями со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем хирургическая коррекция ВДГК может быть проведена в более раннем возрасте как предупреждение ухудшения состояния [22, 42, 44].

Наличие большого количества модификаций этих двух основных методик у разных категорий пациентов затрудняет проведение сравнительного анализа результатов их использования. Совершенно очевидно то, что период освоения любой методики операций сопровождается более высоким процентом осложнений и неудовлетворительных результатов.

Ярким доказательством данной закономерности является тот факт, что процент осложнений, по данным самого автора методики Насса, в начале ее применения составлял 28% [11], а в дальнейшем снизился до 15,4 [35].

Е. W. Fonkalsrud также отмечает улучшение результатов применения методики Равича в своей практике по мере ее освоения [45].

Методика операции Равича может быть с успехом применена у пациентов всех возрастных групп со

Таблица 1

**Сравнительная оценка операций Насса и Равича по данным Fonkalsrud et al., 2002 [26]**

Параметр	Операция Насса	Операция Равича
Количество пациентов	68	139
Средний возраст	12 (5—19)	17,3 (3—53)
Средний индекс деформации грудной клетки*	4,2 (3,2—9,5)	4,9 (3,1—9,8)
Хирургические коррекции ВДГК в анамнезе	0	9
Время операции, мин	75 (45—130)	212 (110—260)
Кровопотеря, мл	90 (100—120)	90 (15—400)
Продолжительность госпитализации, дни	6,5 (5—8)	2,9 (2—5)
Применение эпидуральной анестезии	66	0
Пневмоторакс	7	3
Транзиторный перикардит	0	3
Внутривенная анальгезия (средняя продолжительность, дни)	5 (3—7)	1,7 (1—3)
Пациенты, помещенные в отделение реанимации и интенсивной терапии	2	0
Миграция пластины	6	0
Реоперации	7	0
Повторные госпитализации вследствие выраженного болевого синдрома	2	0
Возвращение в школу/ выход на работу (в среднем, дни)	18 (14—26)	12 (8—18)
Средняя продолжительность операции по удалению пластин (2-й этап), мин	25 (17—40)	19 (15—31)
Время до удаления пластины (в среднем, мес.)	24 (23—26)	6 (5,5—6,5)

Примечание. \* — индекс степени деформации грудной клетки (индекс Haller) — отношение внутренней ширины грудной клетки (на уровне наибольшей деформации) к расстоянию между задней поверхностью грудины (на уровне наибольшего дефекта) и передней поверхностью позвоночника. В норме эта величина равна 2,56 (± 0,35). Индекс  $\geq 3,25$  соответствует клинически значимой деформации [60].

Сравнительная оценка операций Насса и Равича по данным А. Nasr et al., 2010 [53]

Параметр	Miller et al., 2001		Kelly et al., 2007		Molik et al., 2001		Boehm et al., 2003	
	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch
Тип исследования	Ретроспективное		Проспективное		Ретроспективное		Ретроспективное	
Количество пациентов	80	32	284	43	35	68	21	7
Осложнения	9	6	141	5	23	17	9	4
Реоперации	4	0	0	0	8	4	3	0
Продолжительность операции, мин	53	143	198	282	53 ± 42,5	125 ± 2,5		
Продолжительность госпитализации, дни	3,7	3,2	—	—	4,8	4	—	—
Активизация после операции, дни	—	—	—	—	—	—	—	—
Параметр	Jo et al., 2003		Inge at al., 2003		Lam et al., 2007		Fonkalsrud et al., 2002	
	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch	Nuss	Ravitch
Тип исследования	Ретроспективное		Ретроспективное		Ретроспективное		Ретроспективное	
Количество пациентов	107	16	43	25	19	24	68	139
Осложнения	8	3	6	1	0	13	24	6
Реоперации	3	0	3	0	0	0	7	0
Продолжительность операции, мин	67 ± 33,1	196 ± 61	70	198	72 ± 19	84,1 ± 24,9	75 ± 21	212 ± 37,5
Продолжительность госпитализации, дни	8 ± 1,6	15,9 ± 2,3	2,4	4,4	4,5 ± 0,9	3,9 ± 0,7	6,5 ± 0,75	2,9 ± 0,75
Активизация после операции, дни	6,3 ± 0,9	12,9 ± 3,6	—	—	3,8 ± 1,1	2,7 ± 0,8	—	—

всеми вариантами деформации, что делает ее универсальной [42, 46].

Операция Равича является методом выбора при проведении одновременной хирургической коррекции ВДГК и врожденных пороков сердца [23]. Операция Насса, очевидно, не подходит для подобной тактики, и в литературе имеются лишь единичные описания подобных клинических случаев [47, 48].

Наилучшие результаты применения методики Насса получены у детей раннего возраста с симметричной формой ВДГК [36, 46, 49], что, по мнению некоторых авторов, связано с большей эластичностью грудной стенки у детей до 12 лет [34], хотя в последнее время публикуется все больше работ, описывающих успешное лечение ВДГК с применением минимально инвазивного метода и у взрослых пациентов [18, 36, 42, 50].

В литературе опубликовано несколько работ, посвященных сравнительному анализу результатов операций Равича и Насса [1, 25, 26, 51, 52].

По данным одного из этих исследований, опубликованном в 2002 г. [26], обе методики продемонстрировали блестящие клинические результаты. Операция Насса требует меньше времени, кожные разрезы меньших размеров, однако число осложнений при использовании этой методики значительно выше, болевой синдром в послеоперационном периоде более выраженный, требуются более длительные сроки госпитализации, чем при операции Равича [26]. Основные результаты приведены в табл. 1.

В 2010 г. опубликованы результаты сравнения операций Насса и Равича для лечения ВДГК в рамках метаанализа [53]. Всего в статью включено 9 проспек-

тивных и ретроспективных исследований [1, 25, 26, 53—58]. В первую очередь авторы оценивали количество осложнений в зависимости от выбора методики, а также сравнивали среднюю продолжительность той и другой операции (в мин), продолжительность пребывания в стационаре (в днях), выраженность болевого синдрома после операции, активизацию пациентов после операции (в днях), мнение самих пациентов о выборе методики, количество повторных операций, связанных с возникновением осложнений или рецидивов (табл. 2).

В результате сравнения двух методик количество повторных вмешательств, связанных с развитием таких послеоперационных осложнений, как пневмоторакс и гемоторакс, было выше после операции Насса по сравнению с методикой Равича.

Общим недостатком для операций Насса и Равича, с учетом соблюдения оперативной техники остается возможность возникновения рецидива деформации. Частота рецидивов составляет в среднем менее 5% для операции Равича [1, 59] и около 10% для операции Насса [11].

Следует отметить, что более чем у трети пациентов, которым была проведена хирургическая коррекция деформации грудной клетки в детстве, развивается рецидив во взрослом возрасте [24].

### Заключение

Несмотря на появление новых методик оперативного лечения воронкообразной деформации грудной клетки, таких как операция Насса, проблема рецидива деформации не решена. Возможно, более глубокое исследование этиологии и патогенеза деформации грудной клетки позволит установить причину рецидива и избежать его в послеоперационном периоде.

## ЛИТЕРАТУРА

- Molik K. A., Engum S. A., Rescorla F. J. et al. Pectus excavatum repair: Experience with standard and minimal invasive techniques. *J. Pediatr. Surg.* 2001; 36 (2): 324—8.
- Shamberger R. C. Congenital chest wall deformities. In: O'Neill Jr J. A., Rowe M. I., Grosfeld J. L., Fonkalsrud E. W., Coran A. G., eds. *Pediatr. surg.* 1998: 894—921.
- Creswick H. A., Stacey M. W., Kelly R. E. Jr. et al. Family study of the inheritance of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 2006; 41 (10): 1699—703.
- Frantz F. W. Indications and guidelines for pectus excavatum repair. *Curr. Opin. Pediatr.* 2011; 23 (4): 486—91.
- Davis J. T., Weinstein S. Repair of pectus deformity: results of the Ravitch approach in the current era. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 78: 421—6.
- Fonkalsrud E. W., Dunn J. C. Y., Atkinson J. B. Repair of pectus excavatum deformities: 30 years of experience with 375 patients. *Ann. Surg.* 2000; 231: 443—8.
- Kowalewski J., Brocki M., Dryjanski T. et al. Pectus excavatum: increase of right ventricular systolic, diastolic, and stroke volumes after surgical repair. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1999; 118: 87—93.
- Lacquet L. K., Morshuis W. J., Folgering H. T. Long-term result after correction of anterior chest wall deformities. *J. Cardiovasc. Surg.* 1998; 39 (5): 683—8.
- Mansour K. A., Thourani V. H., Odessey E. A. et al. Thirty-year experience with repair of pectus deformities in adults. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76 (2): 391—5.
- Morshuis W. J., Folgering H. T., Barentsz J. O. et al. Exercise cardiorespiratory function before and one year after operation for pectus excavatum. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 107: 1403—9.
- Nuss D., Kelly R. E. Jr., Croitoru D. P. et al. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 1998; 33: 545—52.
- Ravitch M. M. The operative treatment of pectus excavatum. *Ann. Surg.* 1949; 129: 429—44.
- Губа А. Д. Способ торакопластики воронкообразной деформации грудной клетки. *Детская хирургия.* 2005; 5: 16—8.
- Шамик В. Б., Хасан Ф. Х. Реконструктивная торакопластика тяжелых форм врожденных воронкообразных деформаций грудной клетки. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия.* 2007; 4: 45—7.
- Fonkalsrud E. Management of pectus chest deformities in female patients. *Am. J. Surg.* 2004; 187: 192—7.
- Fonkalsrud E. W., DeUgarte D., Choi E. Repair of pectus excavatum and carinatum deformities in 116 adults. *Ann. Surg.* 2002; 236 (3): 304—12; discuss: 312—4.
- Fonkalsrud E. W., Mendoza J. Open repair of pectus excavatum and carinatum deformities with minimal cartilage resection. *Am. J. Surg.* 2006; 191: 779—84.
- Jaroszewski D. E., Fonkalsrud E. W. Repair of pectus chest deformities in 320 adult patients: year experience. *Ann. Thorac. Surg.* 2007; 84 (2): 429—33.
- Hoffman E. Surgical treatment of pectus excavatum by costosternoplasty with marlex mesh. *Technic and case report.* *Am. Surg.* 1966; 32 (4): 261—5.
- Robicsek F. Surgical treatment of pectus excavatum. *Chest Surg. Clin. N. Am.* 2000; 10 (2): 277—96.
- Hayashi A., Maruyama Y. Vascularized rib strut technique for repair of pectus excavatum. *Ann. Thorac. Surg.* 1992; 53 (2): 346—8.
- Guglielmo M., Dato A., De Paulis R. Correction of pectus excavatum with a self-retaining seagull wing prosthesis long-term follow-up. *Chest.* 1995; 107: 303—6.
- Huddleston C. B. Pectus excavatum. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2004; 16 (3): 225—32.
- Luu T. D., Kogon B. E., Force S. D. et al. Surgery for recurrent pectus deformities. *Ann. Thorac. Surg.* 2009; 88 (5): 1627—31.
- Antonoff M. B., Eerickson A. E., Hess D. J. et al. When patients choose: comparison of Nuss, Ravitch, and Leonard procedures for primary repair of pectus excavatum. *J. Pediatr. Surg.* 2009; 44: 1113—8; discuss: 118—9.
- Fonkalsrud E. W., Beanes S., Hebra A. et al. Comparison of minimally invasive and modified Ravitch pectus excavatum repair. *J. Pediatr. Surg.* 2002; 37: 413—7.
- Fonkalsrud E. Current management of pectus excavatum. *World J. Surg.* 2003; 27 (5): 502—8.
- Nuss D. Recent experience with minimally invasive pectus excavatum repair "Nuss procedure". *Jpn. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2005; 53 (7): 338—44.
- Разумовский А. Ю., Алхасов А. Б., Рачков В. Е. и др. Хирургическая коррекция воронкообразной деформации грудной клетки методом Насса. *Детская хирургия.* 2006; 2: 4—9.
- Croitoru D. P., Kelly R. E. Jr., Goretsky M. J. et al. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J. Pediatr. Surg.* 2002; 37: 437—45.
- Hebra A., Swoveland B., Egbert M. et al. Outcome analysis of minimally invasive repair of pectus excavatum: review of 251 cases. *J. Pediatr. Surg.* 2000; 35: 252—8.
- Park H. J., Lee S. Y., Lee C. S. Complications associated with the Nuss procedure: analysis of risk factors and suggested measures for prevention of complications. *J. Pediatr. Surg.* 2004; 39: 391—5.
- Разумовский А. Ю., Павлов А. А. Хирургические методы лечения воронкообразной деформации грудной клетки. *Детская хирургия.* 2005; 93: 44—7.
- Hiroshi Jida, Yoshio Sudo, Yasuyuki Yamada et al. Nonprosthetic Surgical Repair of Pectus excavatum. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 451—6.
- Nuss D. Minimally invasive surgical of pectus excavatum. *Semin. Pediatr. Surg.* 2008; 17 (3): 209—17.
- Dzielicki J., Korlacki W., Janicka I. et al. Difficulties and limitations in minimally invasive repair of pectus excavatum—6 years experiences with Nuss technique. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006; 30 (5): 801—4.
- Clark J. J., Johnson S. M. Single incision Nuss procedure for pectus excavatum. *Pediatr. Surg. Int.* 2011; 27 (7): 733—6.
- Park H. J., Lee S. Y., Lee C. S. et al. The Nuss procedure for pectus excavatum: evolution of techniques and early results on 322 patients. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 77; (1): 289—95.
- Yoon Y. S., Kim H. K., Choi Y. S. et al. A modified Nuss procedure for late adolescent and adult pectus excavatum. *World J. Surg.* 2010; 34 (7): 1475—80.
- Becmeur F., Ferreira C. G., Haecker F. M. et al. Pectus excavatum repair according to Nuss: is it safe to place a retrosternal bar by a transpleural approach, under thoracoscopic vision? *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2011; 21 (8): 757—61.
- Jaroszewski D., Notrica D., McMahon L. et al. Current management of pectus excavatum: a review and update of therapy and treatment recommendations. *J. Am. Board Fam. Med.* 2010; 23 (2): 230—9.
- Kim do H., Hwang J. J., Lee M. K. et al. Analysis of the Nuss procedure for pectus excavatum in different age groups. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80: 1073—7.
- Nuss D., Kuhn M. Our approach: minimally invasive surgical repair of pectus excavatum. *Contemp. Surg.* 2007; 63: 444—51.
- Haller J. A. Jr, Colombani P. M., Humphries C. T. et al. Chest wall constriction after too extensive and too early operations for pectus excavatum. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1618—25.
- Fonkalsrud E. W. 912 open pectus excavatum repairs: changing trends, lessons learned: one surgeon's experience. *World J. Surg.* 2009; 333 (2): 180—90.
- Малахов О. А., Жердев К. В., Челмаченко О. Б. Ортопедические аспекты и особенности оперативного лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей и подростков. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова.* 2011; 3: 3—9.
- DeLeon M. M., Magliato K. E., Roughneen P. T. et al. Simultaneous repair of pectus excavatum and congenital heart disease. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64 (2): 557—9.
- Karl T. R. A technique for concurrent repair of pectus excavatum and intracardiac defects. *J. Cardiac Surg.* 1988; 3 (3): 487—9.
- Jacobs J. P., Quintessenza J. A., Morell V. O. et al. Minimally invasive endoscopic repair of pectus excavatum. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2002; 21 (5): 869—73.
- Coln D., Gunning T., Ramsay M. et al. Early experience with the Nuss minimally invasive correction of pectus excavatum in adults. *World J. Surg.* 2002; 26: 1217—21.
- Kelly R. E. Jr., Shamberger R. C., Mellins R. B. et al. Prospective multicenter study of surgical correction of pectus excavatum: design, perioperative complications, pain, and baseline pulmonary function facilitated by internet-based data collection. *J. Am. Coll. Surg.* 2007; 205 (2): 205—16.
- Lam M. W., Klassen A. F., Montgomery C. J. et al. Quality-of-life outcomes after surgical correction of pectus excavatum: a comparison of the Ravitch and Nuss procedures. *J. Pediatr. Surg.* 2008; 43 (5): 819—25.

53. *Nasr A., Fecteau A., Wales P. W.* Comparison of the Nuss and the Ravitch procedure for pectus excavatum repair: a meta-analysis. *J. Pediatr. Surg.* 2010; 45 (5): 880—6.
54. *Boehm R. A., Muensterer O. J., Till H.* Comparing minimally invasive funnel chest repair versus the conventional technique: an outcome analysis in children. *Plast. Reconstr. Surg.* 2004; 114 (3): 668—73.
55. *Inge T. H., Owings E., Blewett C. J.* et al. Reduced hospitalization cost for patients with pectus excavatum treated using minimally invasive surgery. *Surg. Endosc.* 2003; 17: 1609—13.
56. *Jo W. M., Choi Y. H., Sohn Y. S.* et al. Surgical treatment for pectus excavatum. *J. Korean. Med. Sci.* 2003; 18: 360—4.
57. *Kelly Jr R. E., Cash T. F., Shamberger R. C.* et al. Surgical repair of pectus excavatum markedly improves body image and perceived ability for physical activity: multicenter study. *Pediatrics.* 2008; 122: 218—22.
58. *Miller K. A., Woods R. K., Sharp R. J.* et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: a single institution's experience. *Surgery.* 2001; 130: 652—7.
59. *Fonkalsrud E. W., Salman T., Guo W.* et al. Repair of pectus deformities with sternal support. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 107 (1): 37—42.
60. *Jeung M. Y., Gangi A., Gasser B.* et al. Imaging of chest wall disorders. *RadioGraphics.* 1999; 19 (3): 617—37.
25. *Antonoff M. B., Eerickson A. E., Hess D. J.* et al. *J. Pediatr. Surg.* 2009; 44: 1113—8; discuss. 118—9.
26. *Fonkalsrud E. W., Beanes S., Hebra A.* et al. *J. Pediatr. Surg.* 2002; 37: 413—7.
27. *Fonkalsrud E.* *World J. Surg.* 2003; 27 (5): 502—8.
28. *Nuss D. J.* *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2005; 53 (7): 338—44.
29. *Razumovskij A. Ju., Alhasov A. B., Rachkov V. E.* et al. *Detskaya hirurgiya.* 2006; 2: 4—9 (in Russian).
30. *Croituru D. P., Kelly R. E. Jr, Goretsky M. J.* et al. *J. Pediatr. Surg.* 2002; 37: 437—45.
31. *Hebra A., Swoveland B., Egbert M.* et al. *J. Pediatr. Surg.* 2000; 35: 252—8.
32. *Park H. J., Lee S. Y., Lee C. S.* *J. Pediatr. Surg.* 2004; 39: 391—5.
33. *Razumovskij A. Ju., Pavlov A. A.* Methods of pectus excavatum surgery. *Detskaya hirurgiya.* 2005; 3: 44—7.
34. *Hiroshi Iida, Yoshio Sudo, Yasuyuki Yamada* et al. *Ann. Thorac. Surg.* 2006; 82: 451—6.
35. *Nuss D.* *Semin. Pediatr. Surg.* 2008; 17 (3): 209—17.
36. *Dzielicki J., Korlacki W., Janicka I.* et al. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2006; 30 (5): 801—4.
37. *Clark J. J., Johnson S. M.* *Pediatr. Surg. Int.* 2011; 27 (7): 733—6.
38. *Park H. J., Lee S. Y., Lee C. S.* et al. *Ann. Thorac. Surg.* 2004; 77; (1): 289—95.
39. *Yoon Y. S., Kim H. K., Choi Y. S.* et al. *World J. Surg.* 2010; 34 (7): 1475—80.
40. *Becmeur F., Ferreira C. G., Haecker F. M.* et al. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2011; 21 (8): 757—61.
41. *Jaroszewski D., Notrica D., McMahon L.* et al. *J. Am. Board Fam. Med.* 2010; 23 (2): 230—9.
42. *Kim do H., Hwang J. J., Lee M. K.* et al. *Ann. Thorac. Surg.* 2005; 80: 1073—7.
43. *Nuss D., Kuhn M.* *Contemp. Surg.* 2007; 63: 444—51.
44. *Haller J. A. Jr, Colombani P. M., Humphries C. T.* et al. *Ann. Thorac. Surg.* 1996; 61: 1618—25.
45. *Fonkalsrud E. W.* *World J. Surg.* 2009; 333 (2): 180—90.
46. *Malahov O. A., Zherdev K. V., Chelpachenko O. B.* *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N. N. Priorova.* 2011; 3: 3—9 (in Russian).
47. *DeLeon M. M., Magliato K. E., Roughneen P. T.* et al. *Ann. Thorac. Surg.* 1997; 64 (2): 557—9.
48. *Karl T. R. J.* *Cardiac Surg.* 1988; 3 (3): 487—9.
49. *Jacobs J. P., Quintessenza J. A., Morell V. O.* et al. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* 2002; 21 (5): 869—73.
50. *Coln D., Gunning T., Ramsay M.* et al. *World J. Surg.* 2002; 26: 1217—21.
51. *Kelly R. E. Jr, Shamberger R. C., Mellins R. B.* et al. *J. Am. Coll. Surg.* 2007; 205 (2): 205—16.
52. *Lam M. W., Klassen A. F., Montgomery C. J.* et al. *J. Pediatr. Surg.* 2008; 43 (5): 819—25.
53. *Nasr A., Fecteau A., Wales P. W.* *J. Pediatr. Surg.* 2010; 45 (5): 880—6.
54. *Boehm R. A., Muensterer O. J., Till H.* *Plast. Reconstr. Surg.* 2004; 114 (3): 668—73.
55. *Inge T. H., Owings E., Blewett C. J.* et al. *Surg. Endosc.* 2003; 17: 1609—13.
56. *Jo W. M., Choi Y. H., Sohn Y. S.* et al. *J. Korean Med. Sci.* 2003; 18: 360—4.
57. *Kelly Jr R. E., Cash T. F., Shamberger R. C.* et al. *Pediatrics.* 2008; 122: 218—22.
58. *Miller K. A., Woods R. K., Sharp R. J.* et al. *Surgery.* 2001; 130: 652—7.
59. *Fonkalsrud E. W., Salman T., Guo W.* et al. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 107 (1): 37—42.
60. *Jeung M. Y., Gangi A., Gasser B.* et al. *RadioGraphics.* 1999; 19 (3): 617—37.

## REFERENCES