

Коррекция воронкообразной деформации грудной клетки и отдаленные результаты лечения у пациента 50 лет

© А.А. ПЕЧЕТОВ¹, Д.А. ВОЛЧАНСКИЙ¹, М.А. МАКОВ¹, М.Ю. КОЛЛЕРОВ²

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр хирургии им. А.В. Вишневского» Минздрава России, Москва, Россия;
²ФГБОУ ВПО «МАТИ – РГТУ имени К.Э. Циолковского», Москва, Россия

Резюме

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) — наиболее часто встречающийся врожденный порок развития грудной клетки, для которого характерно формирование симметричного или асимметричного западения грудной клетки с нарушением конфигурации грудино-реберного комплекса. Нередко он сопряжен с другими диспластическими заболеваниями соединительной ткани. Среди методов коррекции ВДГК наибольшее распространение получили модифицированная торакопластика по М. Ravitch и мини-инвазивная коррекция деформации по D. Nuss. В данной статье описана хирургическая коррекция деформации у пациента 50 лет, которому выполнена модифицированная торакопластика по М. Ravitch с имплантацией пластины из никелида титана с эффектом памяти формы, приведены отдаленные результаты лечения и дана оценка технических свойств имплантата после удаления.

Ключевые слова: воронкообразная деформация грудной клетки, коррекция воронкообразной деформации грудной клетки, операция Равича, операция Насса, эффект памяти формы, никелид титана.

Информация об авторах:

Печетов А.А. — <https://orcid.org/0000-0002-1823-4396>
Волчанский Д.А. — <https://orcid.org/0000-0002-5947-3211>
Маков М.А. — <https://orcid.org/0000-0002-0847-0694>
Коллеров М.Ю. — <https://orcid.org/0000-0002-6790-1730>
Автор, ответственный за переписку: Волчанский Д.А. — e-mail: dmitryvolchanski@gmail.com

Как цитировать:

Печетов А.А., Волчанский Д.А., Маков М.А., Коллеров М.Ю. Коррекция воронкообразной деформации грудной клетки и отдаленные результаты лечения у пациента 50 лет. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2022;1:84–89. <https://doi.org/10.17116/hirurgia202201184>

Correction of *pectus excavatum* and long-term outcome in adult

© А.А. ПЕЧЕТОВ¹, Д.А. ВОЛЧАНСКИЙ¹, М.А. МАКОВ¹, М.Ю. КОЛЛЕРОВ²

¹Vishnevsky National Medical Research Center of Surgery, Moscow, Russia;

²Moscow Aviation Institute of Technology — K.E. Tsiolkovsky Russian State Technological University, Moscow, Russia;

Abstract

Pectus excavatum is the most common congenital chest malformation characterized by symmetrical or asymmetric depression of the chest with deformation of the sternocostal complex. *Pectus excavatum* is often associated with other dysplastic diseases of connective tissue. Ravitch thoracoplasty and Nuss minimally invasive correction are the most common today. The authors report surgical correction of PE in a 50-years-old male who underwent Ravitch modified thoracoplasty with implantation of shape memory plate. Long-term treatment outcomes and technical properties of the plate after removing are analyzed.

Keywords: *pectus excavatum*, chest wall deformity, Ravitch procedure, Nuss procedure, shape memory effect, titanium nickelide.

Information about the authors:

Pechetov A.A. — <https://orcid.org/0000-0002-1823-4396>
Volchanskiy D.A. — <https://orcid.org/0000-0002-5947-3211>
Makov M.A. — <https://orcid.org/0000-0002-0847-0694>
Kollerov M.Yu. — <https://orcid.org/0000-0002-6790-1730>
Corresponding author: Volchanskiy D.A. — e-mail: dmitryvolchanski@gmail.com

To cite this article:

Pechetov AA, Volchanskiy DA, Makov MA, Kollerov MYu. Correction of *pectus excavatum* and long-term outcome in adult. *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova.* 2022;1:84–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/hirurgia202201184>

Введение

Воронкообразная деформация грудной клетки (ВДГК) — врожденный порок развития грудной клетки, представляющий собой симметричное или асимметричное западение грудной клетки с нарушением конфигурации грудино-реберного комплекса. Среди всех пороков развития грудной клетки воронкообразная деформация занимает лидирующее место [1]. По данным различных авторов, частота заболевания в популяции составляет 0,1—0,3% [2—4]. В литературе отражено частое (до 70%) сочетание ВДГК с различными аномалиями опорно-двигательной системы и наследственными синдромами с поражением соединительной ткани (частота встречаемости синдромов отражена в **таблице**) [5—8].

Большинство авторов в качестве показаний к коррекции деформации учитывают преимущественно косметический эффект, влияющий на качество жизни пациента, однако отмечен также и ряд функциональных изменений сердечно-сосудистой и дыхательной систем, что может влиять на качество и продолжительность жизни таких больных [2, 8—12].

В хирургии ВДГК применяют две принципиально разные методики коррекции — радикальную торакопластику по М. Ravitch, выполняемую с резекцией передних отрезков деформированных ребер и дальнейшей мобилизацией грудино-реберного комплекса, и мини-инвазивную коррекцию деформации по D. Nuss [13—15]. Несмотря на лучший косметический эффект, мини-инвазивная коррекция воронкообразной деформации трудновыполнима у пациентов старше 25—30 лет в связи с оксификацией реберных хрящей и/или развитием ригидности грудино-реберного комплекса [14, 16]. В нашем наблюдении представлено выполнение коррекции воронкообразной деформации грудной клетки у пациента 50 лет по модифицированной методике М. Ravitch с имплантацией М-образной пластины с эффектом памяти формы. После удаления опорная пластина была подвергнута лабораторному изучению на кафедре материаловедения ФГБОУ ВПО «МАТИ — Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского» с целью оценки изменения ее технических характеристик ввиду 60-месячного нахождения имплантата в организме.

Клиническое наблюдение

Пациент М., 50 лет, обратился с жалобами на одышку при физической нагрузке, воронкообразную деформацию грудной клетки. Деформация с рождения, в подростковом возрасте отметил увеличение степени западения грудной клетки, установлено С-образное искривление позвоночника (**рис. 1—4**). Проводимая в разные годы консер-

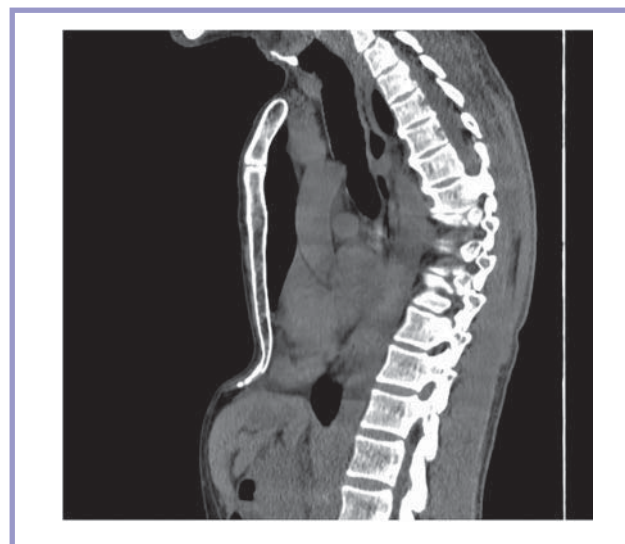


Рис. 1. МСК-томограмма органов грудной клетки до операции.

Fig. 1. Preoperative chest multispiral computed tomogram.

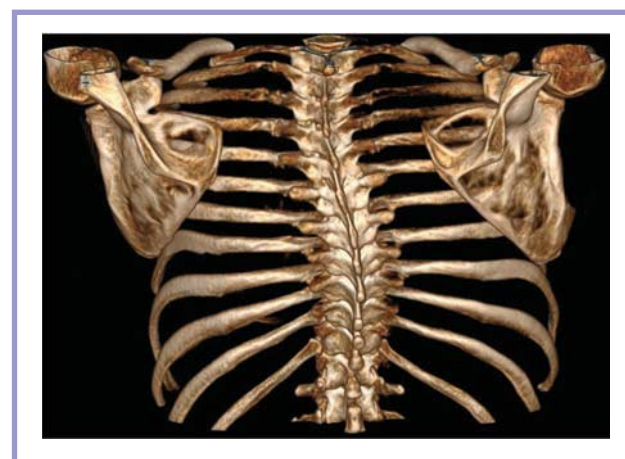


Рис. 2. Компьютерная томограмма, 3D-реконструкция позвоночного столба и грудной клетки.

С-образное искривление позвоночника.

Fig. 2. Computed tomogram, 3D reconstruction of the spinal column and chest wall.

C-shaped spine curvature.

вативная, корригирующая терапия, лечебная физкультура — без эффекта. Хирургическое лечение не предлагали. При клинико-инструментальном обследовании подтверждена ригидность грудино-реберного комплекса. По данным

Таблица. Частота встречаемости наследственных синдромов в популяции

Table. Incidence of hereditary syndromes in population

Наследственные синдромы	Частота встречаемости в популяции (на количество новорожденных)
Марфана	1:10 000—15 000
Элерса—Данло	В зависимости от типа частота встречаемости варьирует от 1:10 000 до 1:100 000
Лойса—Дитца	1:20 000
Поланда	1:50 000
Шпрингцена—Голдберга	Встречаемость в популяции не установлена

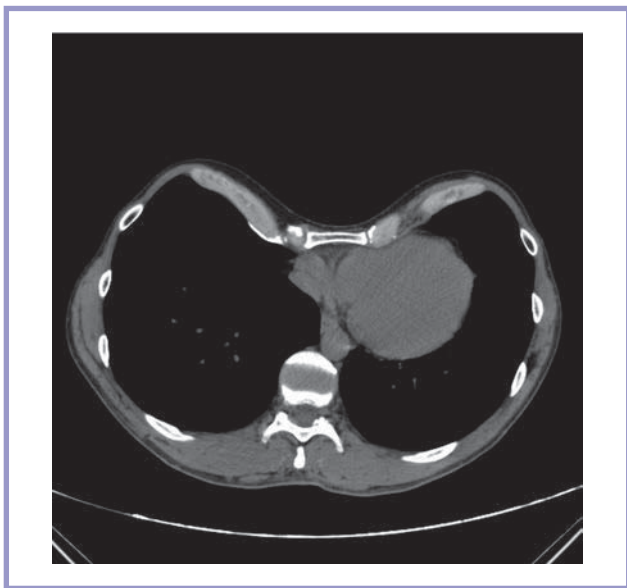


Рис. 3. МСК-томограмма воронкообразной деформации грудной клетки.

Индекс Галлера 3,8.

Fig. 3. Multispiral computed tomogram. *Pectus excavatum*.
Haller Index 3.8.

мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) органов грудной клетки индекс Галлера равен 3,8, показатели тестов легочной функции снижены соответственно рестриктивным нарушениям: объем форсированного выдоха за 1 с (ОФВ1) — 78%, форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) — 79%. В предоперационном периоде проведены подбор типоразмера пластины, курс физиотерапии с целью коррекции гиповентиляционных нарушений. Учитывая изменения хондрокостальных сочленений, подтвержденные при МСКТ-исследовании, пациенту выпол-

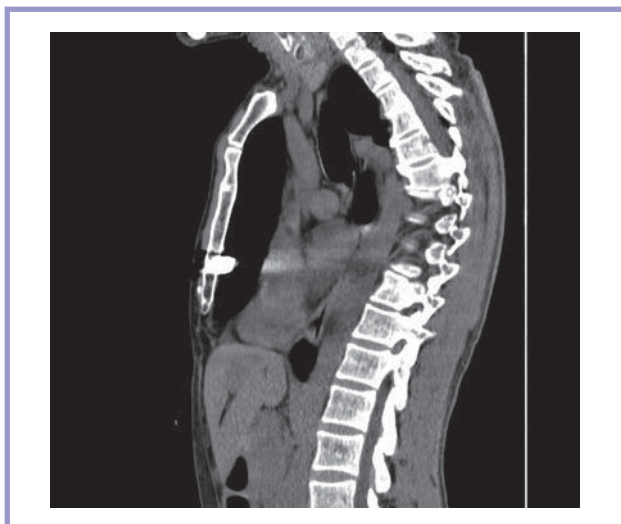


Рис. 5. МСК-томограмма органов грудной клетки через 5 лет после операции, перед удалением пластины.

Коррекция воронкообразной деформации полная.

Fig. 5. Chest multispiral computed tomogram in 5 years after surgery (before removal of the plate).

Complete *pectus excavatum* correction.

нена радикальная торакопластика по М. Ravitch с имплантацией М-образной пластины из никелида титана.

Операция

Доступ — продольный разрез кожи, подкожной клетчатки на передней грудной стенке от 3—4-го межреберья до мечевидного отростка с билатеральным продолжением в проекции реберных дуг с мобилизацией больших грудных мышц по М. Ravitch. Поднадкостнично произведена резекция хрящевых отрезков и костохондральных переходов III—VIII ребер с обеих сторон. Поперечная двухуровневая стернотомия в верхней и нижней трети тела грудины. Достигнута мобильность грудино-реберного комплекса. По-

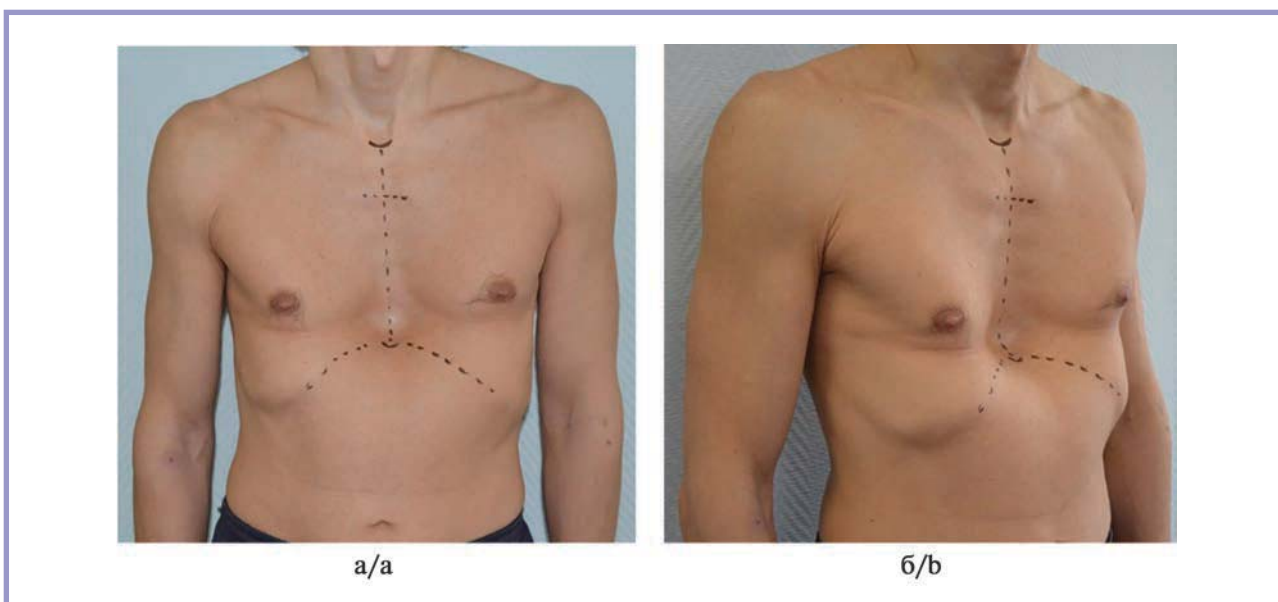


Рис. 4. Фотографии пациента во фронтальном (а) и боковом (б) положении перед операцией.

Fig. 4. Frontal (a) and lateral (b) images before surgery.

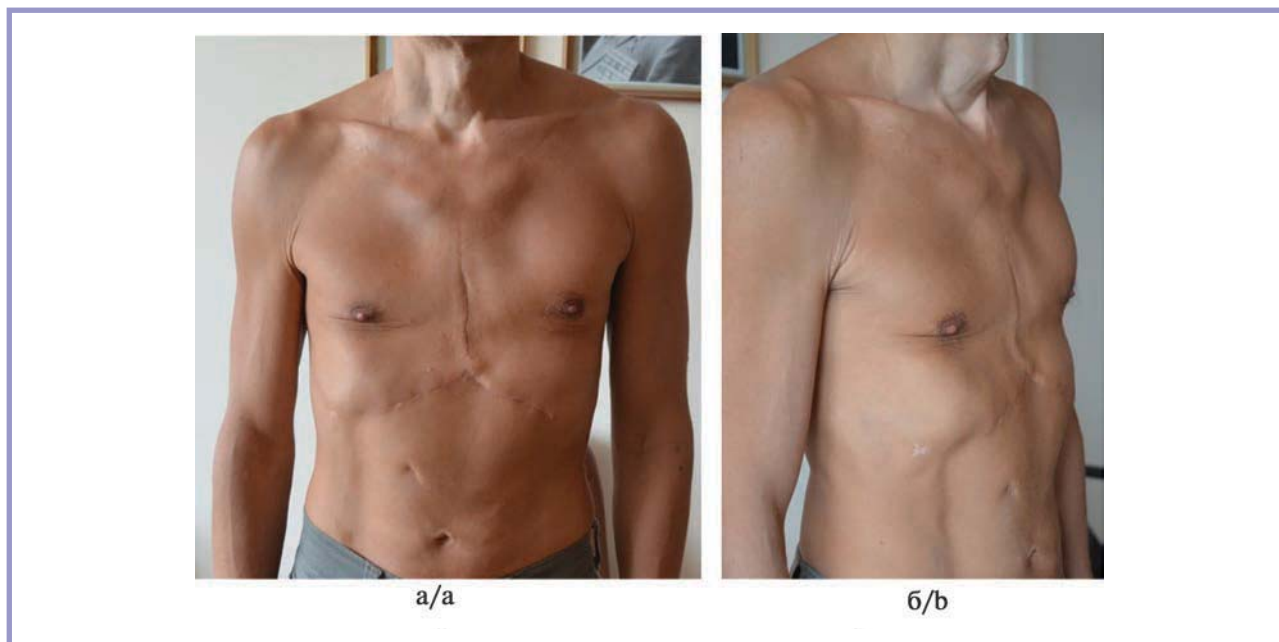


Рис. 6. Фотографии пациента во фронтальном (а) и боковом (б) положении через 5 лет после операции.
Fig. 6. Frontal (a) and lateral (b) images 5 years after surgery.



Рис. 7. Фотография растрова (пятнистой коррозии) поверхности имплантата.
Fig. 7. Implant spotty corrosion.

сле охлаждения и придания безопасной формы установлена при помощи проводника в 5-м межреберье М-образная пластина с эффектом памяти формы V-240 М ТН1. Края пластины фиксированы поперечными стабилизаторами, фиксированными по аксилярным линиям к ребрам с обеих сторон. Завершающим этапом выполнена пластика раны мышечными лоскутами. Послеоперационный период протекал без осложнений. Дренажи удалены на 3-и сутки. Пациент выписан из стационара на 11-е сутки после операции.

Через 5 лет пациент вызван для удаления пластины. При осмотре: достигнута полная коррекция деформации (рис. 5, 6). Жалоб на дискомфорт нет. Пациент полностью восстановился физически, занимается спортом. Отмечено восстановление показателей легочных тестов до нормальных значений: ОФВ1 — 83%, ФЖЕЛ — 85%. В плановом порядке пациенту произведено удаление пластины в качестве заключительного этапа хирургического лечения.

Испытание опорной пластины

М-образная пластина с эффектом памяти формы V-240 М ТН1, удаленная через 60 мес после установки,

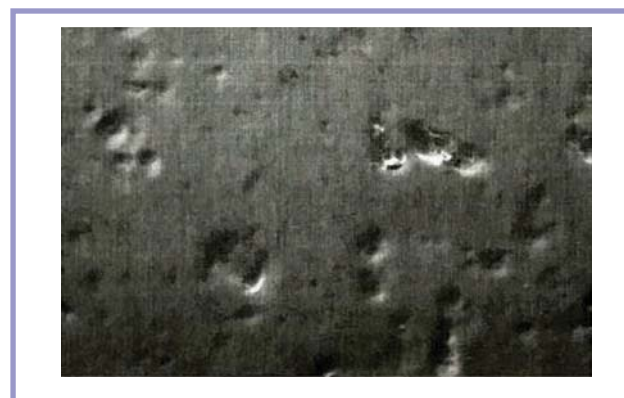


Рис. 8. Микрофотография поверхности пластины с дефектами, $\times 100$.
Fig. 8. Plate surface with defects, $\times 100$.

была подвергнута электронно-микроскопическому исследованию поверхности, а также контролю геометрических данных и температур восстановления формы.

1. Габаритные размеры и формы опорной пластины соответствуют требованиям ТУ 9438-003-49340894-2004.

2. Температура восстановления формы:

1) начала восстановления — $28 \pm 10^\circ\text{C}$;

2) конца восстановления — $34 \pm 10^\circ\text{C}$.

3. Электронно-микроскопические исследования поверхности опорной пластины не выявили посторонних включений или грубых дефектов структуры. Визуально не поверхности пластины выявляется рябь (рис. 7), которая при увеличении более $\times 100$ выглядит как равномерно располагаемые ямки диаметром от 20 до 100 мкм и глубиной 2—5 мкм (рис. 8). Микрорентгеноспектральный анализ показал, что гладкая поверхность пластины и ямки имеют химический состав никелида титана (рис. 9).

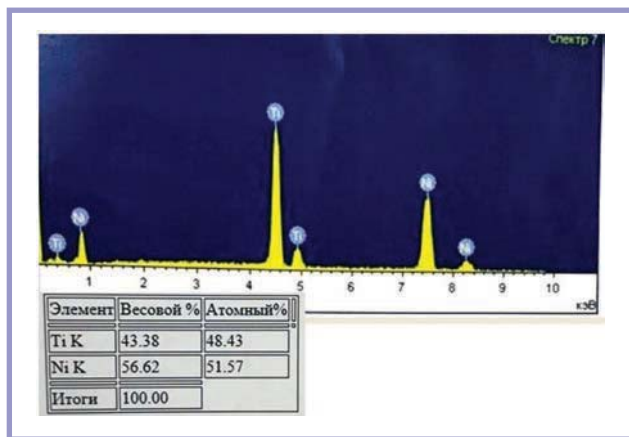


Рис. 9. Микрорентгенограмма результатов спектрального анализа поверхности пластины и ее дефектов: они соответствуют химическому составу никелида титана.

Fig. 9. X-ray spectral analysis: plate surface and defects correspond to chemical composition of titanium nickelide.

Таким образом, опорная пластина имеет характеристики работоспособности, соответствующие ТУ 9438-003-49340894-2004. Незначительный растрав поверхности (пятнистая коррозия) обусловлен взаимодействием опорной пластины со средой организма пациента и не изменяет характеристик работоспособности изделия.

Обсуждение

К основным типам врожденной деформации грудной стенки относят воронкообразную, килевидную и комбинированную деформации грудной клетки, врожденную расщелину грудины и реберно-мышечный дефект (агенезия молочной железы, аплазия малой грудной мышцы, гипоплазия медиальной порции большой грудной мышцы с наличием аплазии III—V ребер). В структуре этих заболеваний ВДГК встречается в 90% случаев всех деформаций грудной стенки с частотой в популяции 0,1—3% [1—4, 17, 18].

В качестве причин возникновения различных деформаций рассматривают генетические нарушения. В качестве примеров таких нарушений выступают случаи сочетания воронкообразной деформации с различными генетическими синдромами, а также сочетания нескольких аномалий развития опорно-двигательного аппарата и соединительной ткани в целом. Так, частота сочетания сколиотической болезни позвоночника и ВДГК достигает 80% случаев [5—7, 19]. В работе К. Nonke и N. Taniguchi (2002) определена роль реакции сульфатирования протеогликанов как основной для нормального развития хрящевой и костной ткани [20]. S. Wu и соавт. (2012) указали связь мутации гена *GAL3ST4*, приводящей к нарушению процесса сульфатирования протеогликанов, с наследственным развитием ВДГК [21].

История успешного хирургического лечения воронкообразной деформации берет начало с операции, выпол-

ненной Meyer в 1911 г., что дало развитие различным способам пластики дефекта, среди которых наибольшее распространение получил метод радикальной мобилизации грудино-реберного комплекса, предложенный и описанный М. Ravitch в 1949 г., и его модификации [1, 2, 13]. Суть данной операции состоит в резекции деформированных ребер (как правило, это зона всего реберного хряща и костохондрального перехода), частичной резекции угла Льюиса с дальнейшей мобилизацией грудино-реберного комплекса [13]. Актуальной модификацией операции М. Ravitch, получившей широкое распространение, является операция по Sulamaa—Paltia с ретростеральной имплантацией пластины [1, 2].

Новым успешным и кардинально иным подходом к лечению деформации выступило применение метода миниинвазивной коррекции ВДГК при видеоторакоскопической ассистенции у детей, предложенного в 1998 г. D. Nuss, когда устранение грудино-реберной девиации выполняется при помощи ротации предызогнутого имплантата с видеоторакоскопической визуализацией [15]. Вскоре были расширены показания к данной операции, что позволило проводить ее и более взрослым пациентам. Учитывая возраст пациента и его физические особенности (ригидность грудино-реберного комплекса) в нашем наблюдении, в качестве метода коррекции выбрана модификация операции М. Ravitch с имплантацией пластины по Sulamaa—Paltia. В качестве опорной пластины для стабилизации грудино-реберного комплекса использованы имплантат NiTi V-240 М ТН1 и два поперечных стабилизатора. Нитинол (NiTi) — широко используемый в медицине сплав, который благодаря биосовместимости, высокой износостойчивости, а также особой способности памяти формы эффективно применяют в торакальной хирургии [22].

Заключение

Таким образом, хирургическая коррекция воронкообразной деформации у пациентов старшей возрастной группы может выступать функционально обоснованным методом лечения у отобранной группы больных с выраженным снижением показателей сердечной и легочной функции.

Применение модифицированной операции — радикальной торакопластики по М. Ravitch с ретростеральной имплантацией пластины с эффектом памяти формы для коррекции деформации может быть альтернативой у пациентов старше 25—30 лет, а также при повторных операциях или при невозможности выполнения малоинвазивного вмешательства (в случае облитерации плевральных полостей, средостения и др.).

Пластины из NiTi с эффектом памяти формы, как показало исследование имплантата, извлеченного из организма через 60 мес, устойчивы к механическому и химическому повреждению в условиях организма.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.**

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Рудаков С.С., Коллеров М.Ю., Кожевников О.В., Косова И.А., Королев П.А. Характеристика радикальной торакопластики по поводу воронкообразной деформации грудной клетки у взрослых по Sulamaa—Paltia и пластинами из металла с эффектом памяти формы. *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2010;11:23-28. Rudakov SS, Kollerov MYu, Kozhevnikov OV, Kosova IA, Korolev PA. Characteristics of radical thoracoplasty for funnel chest deformity in adults according to Sulamaa-Paltia and metal plates with shape memory effect. *Pirogov Russian Journal of Surgery*. 2010;11:23-28. (In Russ.).
2. Вишневецкий А.А., Рудаков С.С., Миланов Н.О. *Хирургия грудной стенки: руководство*. М.: Видар-М; 2005. Vishnevsky AA, Rudakov SS, Milanov NO. *Chest wall surgery: A guide*. М.: Vidar-M; 2005. (In Russ.).
3. Obermeyer RJ, Goretsky MJ. Chest Wall Deformities in Pediatric Surgery. *Surgical Clinics of North America*. 2012;92(3):669-684. <https://doi.org/10.1016/j.suc.2012.03.001>
4. Prats MR, González LR, Venturelli MF, Lazo PD, et al. Minimally invasive correction of pectus excavatum among adults. Report of eighteen cases. *Rev Med Chil*. 2009;137(12):1583-90. PMID: 20361134.
5. Yuncang Wang, Gang Chen, Liang Xie, Jiming Tang, et al. Mechanical factors play an important role in pectus excavatum with thoracic scoliosis. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2012;7:118. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-7-118>
6. WeiHong Zhong, JinDuo Ye, JingJing Feng, LiYang Geng, et al. Effects of Pectus Excavatum on the Spine of Pectus Excavatum Patients with Scoliosis. *Journal of Healthcare Engineering*. 2017;Article ID 5048625:6. <https://doi.org/10.1155/2017/5048625>
7. Johnson WR, Fedor D, Singhal S. Systematic review of surgical treatment techniques for adult and pediatric patients with pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg*. 2014;9:25. <https://doi.org/10.1186/1749-8090-9-25>
8. Luo L, Xu B, Wang X, Tan B, Zhao J. Intervention of the Nuss Procedure on the Mental Health of Pectus Excavatum Patients. *Ann Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;23(4):175-180. <https://doi.org/10.5761/atcs.0a.17-00014>
9. Yi Ji1, Wenying Liu, Siyuan Chen, Bing Xu, et al. Assessment of psychosocial functioning and its risk factors in children with pectus excavatum. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2011;9:28. <https://doi.org/10.1186/1477-7525-9-28>
10. Jaroszewski DE. Physiologic implications of pectus excavatum. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2017;153(1):218-219. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.09.045>
11. Jayaramakrishnana K, Wottona R, Bradleya A, Naidua B. Does repair of pectus excavatum improve cardiopulmonary function? *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery*. 2013;16:865-871. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivt045>
12. Kelly Jr RE, Lawson ML, Paidas CN, Hruban RH. Pectus excavatum in a 112-year autopsy series: Anatomic findings and the effect on survival. *Journal of Pediatric Surgery*. 2005;40(8):1275-1278. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2005.05.010>
13. Ravitch MM. The Operative Treatment of Pectus Excavatum. *Ann Surg*. 1949;129(4):429-444. <https://doi.org/10.1097/00000658-194904000-00002>
14. Kanagaratnam A, Phan S, Tchanchaleishvili V, Pha K. Ravitch versus Nuss procedure for pectus excavatum: systematic review and meta-analysis. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5(5):409-421. <https://doi.org/10.21037/acs.2016.08.06>
15. Nuss D, Obermeyer RJ, Kelly RE. Nuss bar procedure: past, present and future. *Ann Cardiothorac Surg*. 2016;5(5):422-433. <https://doi.org/10.21037/acs.2016.08.05>
16. Park HJ, Kim JJ, Park JK, Moon SW. Effects of Nuss procedure on thoracic scoliosis in patients with pectus excavatum. *J Thorac Dis*. 2017;9(10):3810-3816. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.08.128>
17. Molik KA, Engum SA, Rescorla FJ, West KW, et al. Pectus excavatum repair: Experience with standard and minimal invasive techniques. *Journal of Pediatric Surgery*. 2001;36(2):324-328. <https://doi.org/10.1053/jpsu.2001.20707>
18. Funk JF, Gross C, Placzek R. Patient satisfaction and clinical results 10 years after modified open thoracoplasty for pectus deformities. *Langenbecks Arch Surg*. 2011;396:1213. <https://doi.org/10.1007/s00423-011-0827-2>
19. Tocchioni F, Ghionzoli M, Messineo A, Romagnoli P. Pectus excavatum and heritable disorders of the connective tissue. *Pediatric reports*. 2013;5(3):15. <https://doi.org/10.4081/pr.2013.e15>
20. Honke K, Taniguchi N. Sulfotransferases and sulfated oligosaccharides. *Medicinal Research Reviews*. 2002;22(6):637-654. <https://doi.org/10.1002/med.10020>
21. Wu S, Sun X, Zhu W, Huang Y, et al. Evidence for GAL3ST4 mutation as the potential cause of pectus excavatum. *Cell Research*. 2012;22:1712-1715. <https://doi.org/10.1038/cr.2012.149>
22. Es-Souni M, Es-Souni M, Fischer-Brandies H. Assessing the biocompatibility of NiTi shape memory alloys used for medical applications. *Anal Bioanal Chem*. 2005;381(3):557-567. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-2888-3>

Поступила 02.02.2021
 Received 02.02.2021
 Принята к печати 01.03.2021
 Accepted 01.03.2021