

DOI: <https://doi.org/10.17816/ps674>

# Использование вакуумного колокола при торакопластике по Нассу

А.О. Шомина, З.Б. Митупов, А.Ю. Разумовский, Г.Ю. Чумакова, А.А. Павлов

<sup>1</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Наряду с широким использованием операции по методу Насса в качестве хирургической коррекции воронкообразной деформации грудной клетки, возросло количество осложнений и случаев летального исхода. С целью повышения безопасности процедуры используются различные методики элевации грудины. Одним из таких методов является применение вакуумного колокола. Данный метод позволяет выполнять элевацию грудины посредством создаваемого отрицательного давления.

**Цель.** В данной статье описывается наш опыт интраоперационного и предоперационного использования вакуумного колокола при выполнении торакопластики по Нассу в собственной модификации.

**Методы.** Рассматривается опыт лечения 15 пациентов в возрасте от 8 до 17 лет (средний возраст  $15,0 \pm 2,6$  лет), оперированных по Нассу с использованием вакуумного колокола. Показаниями к интраоперационной элевации грудины являлись случаи глубоких воронкообразных деформаций грудной клетки (индекс Галлера более 4,5 см), вариант деформации «Grand Canyon» и воронкообразная деформация грудной клетки после стернотомии. Также, вакуумный колокол использовался в качестве предоперационной подготовки.

**Результаты.** У пациентов, использовавших вакуумный колокол до операции в качестве подготовки, значительно уменьшилась глубина деформации, и на момент операции средняя глубина деформации составила  $6,7 \pm 4,0$  мм, против  $28,0 \pm 6,0$  мм до начала лечения. Отмечалось уменьшение болевого синдрома в послеоперационном периоде, сокращение сроков использования продлённой эпидуральной анестезии и приёма нестероидных противовоспалительных препаратов. При интраоперационном использовании вакуумного колокола у пациентов с воронкообразной деформацией грудной клетки после стернотомии элевация грудины была подтверждена при торакоскопии. У 14 (93%) пациентов, которым применяли вакуумный колокол при торакопластике по Нассу, интра- и послеоперационных осложнений не наблюдалось. В одном случае у пациента, ранее перенёвшего стернотомию, возникло массивное кровотечение в результате ранения сердца.

**Заключение.** Использование вакуумного колокола при торакопластике по Нассу показало себя как безопасный, неинвазивный и эффективный способ элевации грудины как интраоперационно, так и в качестве предоперационной подготовки.

**Ключевые слова:** воронкообразная деформация грудной клетки; торакопластика по Нассу; интраоперационное использование вакуумного колокола; консервативное лечение; вакуумный колокол.

## Как цитировать:

Шомина А.О., Митупов З.Б., Разумовский А.Ю., Чумакова Г.Ю., Павлов А.А. Использование вакуумного колокола при торакопластике по Нассу // Детская хирургия. 2024. Т. 28. № 1. С. 33–42. DOI: <https://doi.org/10.17816/ps674>

DOI: <https://doi.org/10.17816/ps674>

# The use of a vacuum bell in minimally invasive repair of pectus excavatum

Alena O. Shominova, Zorikto B. Mitupov, Aleksander Yu. Razumovskiy, Galina Yu. Chumakova, Anatoliy A. Pavlov

<sup>1</sup> The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Filatov N.F. Children's City Hospital, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Along with the widespread use of D. Nuss surgery, the number of complications and deaths has increased. In order to increase the safety of the procedure, various methods of sternal elevation are used. One of these methods is the use of a vacuum bell. This method allows you to perform the elevation of the sternum by creating a negative pressure.

**AIM:** This article describes our experience of intraoperative and preoperative use of a vacuum bell when performing thoracoplasty according to Nass in our own modification

**METHODS:** The experience of treating 15 patients aged 8 to 17 years (average age  $15.0 \pm 2.6$  years) operated by the D. Nuss method using vacuum bell is considered. Indications for intraoperative elevation of the sternum were cases of deep pectus excavatum (PE) (Haller index more than 4.5), a variant of the "Grand Canyon" deformation and PE after sternotomy. Also, the vacuum bell was used as a preoperative preparation.

**RESULTS:** In patients who used a vacuum bell before surgery as preparation, the depth of deformation significantly decreased and at the time of surgery, the average depth of deformation was  $6.7 \pm 4.0$  mm, versus  $28.0 \pm 6.0$  mm before treatment. There was also a decrease in pain syndrome in the postoperative period, a reduction in the use of extended epidural anaesthesia and nonsteroidal anti-inflammatory drugs.

With the intraoperative use of a vacuum bell in patients with PE after sternotomy, the elevation of the sternum was confirmed by thoracoscopy. No intra- and postoperative complications were observed in 14 (93%) patients who used a vacuum bell during thoracoplasty by Nass. In one case, a patient who had previously undergone a sternotomy had massive bleeding as a result of a heart injury.

**CONCLUSION:** The use of a vacuum bell during thoracoplasty by Nass has proven to be a safe, non-invasive and effective method of sternum elevation, both intraoperatively and as a preoperative preparation.

**Keywords:** pectus excavatum; thoracoplasty by D. Nuss; intraoperative vacuum bell therapy; conservative treatment; Vacuum Bell.

## For citation:

Shominova AO, Mitupov ZB, Razumovskiy AYu, Chumakova GYu, Pavlov AA. The use of a vacuum bell in minimally invasive repair of pectus excavatum. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2024;28(1):33–42. DOI: <https://doi.org/10.17816/ps674>

## ОБОСНОВАНИЕ

Торакопластика по методу, который предложил D. Nuss, в настоящее время является самой распространённой методикой коррекции воронкообразной деформации грудной клетки (ВДГК). Несмотря на то, что операция связана с высоким риском повреждения сердца и крупных сосудов, необходимостью введения металлической пластины, превосходный косметический результат и отсутствие необходимости в резекции рёберных хрящей делают торакопластику более предпочтительной, чем операцию по методу Равича [1]. Наряду с широким использованием операции по Нассу в качестве «золотого стандарта» для хирургического лечения ВДГК, возросло количество интраоперационных осложнений и случаев летального исхода. В литературе описаны случаи остановки сердца без прямого повреждения сердца во время операции у больного ВДГК с коронарно-лёгочными артериальными шунтами и у больного без сердечных аномалий. J. Zou описал два случая остановки сердца во время проведения корригирующей пластины и после её поворота [2, 3]. В последние годы в литературе появилось большое количество публикаций, посвящённых интраоперационному применению различных методов элевации грудины для снижения риска операционных осложнений [4–6].

## ЦЕЛЬ

В данной статье описывается наш опыт интраоперационного и предоперационного использования вакуумного колокола (ВК) при выполнении торакопластики по Нассу в собственной модификации.

## МЕТОДЫ

Хирургами Детской городской клинической больницы имени Н.Ф. Филатова накоплен большой опыт выполнения торакопластики по Нассу в собственной модификации. С 2001 по 2022 г. выполнено более 1 400 операций.

Основными отличиями модифицированной методики от оригинальной являются:

- проведение пластины слева направо (в оригинальной методике пластина проводится справа налево);
- применение пластины из сплава ВТ6 ГОСТ 19807 91 (в оригинальной методике используется медицинская сталь);
- Т-образная конструкция пластины позволяет не использовать стабилизаторы, потому что пластина фиксируется к рёбрам (в оригинальной методике пластина фиксируется с помощью стабилизатора);
- применение торакоскопии только у пациентов, имеющих спаечный процесс в грудной полости после перенесённой стернотомии, оперированных по методике Равича и т. п. (в оригинальной методике торакоскопия используется всегда);
- использование одной корригирующей пластины.

ВК — устройство, разработанное инженером Экхартом Клобом в 1992 г., состоящее из силиконового кольца и смотрового стекла. ВК поднимает запавшую грудь посредством вакуума. Отрицательное давление в системе создаётся с помощью ручного насоса. Существуют различные типоразмеры ВК, устройство подбирается индивидуально в зависимости от роста и формы вентральной поверхности грудной клетки. На сегодняшний день ВК может использоваться как монотерапия при консервативном лечении ВДГК, а также интраоперационно в качестве неинвазивного подъёмного механизма при проведении торакопластики по Нассу.

Всего по методу Насса с использованием ВК прооперированы 15 пациентов. Из них 13 мальчиков и 2 девочки в возрасте от 8 до 17 лет (средний возраст  $15,0 \pm 2,6$  лет). Показаниями к интраоперационной элевации грудины являлись глубокие ВДГК (индекс Галлера более 4,5 см) (рис. 1), вариант деформации «Grand Canyon» и ВДГК после стернотомии (рис. 2). Также ВК использовался в качестве предоперационной подготовки у 5 пациентов (табл. 1).

Предоперационное обследование пациентов, у которых использовался ВК при выполнении торакопластики

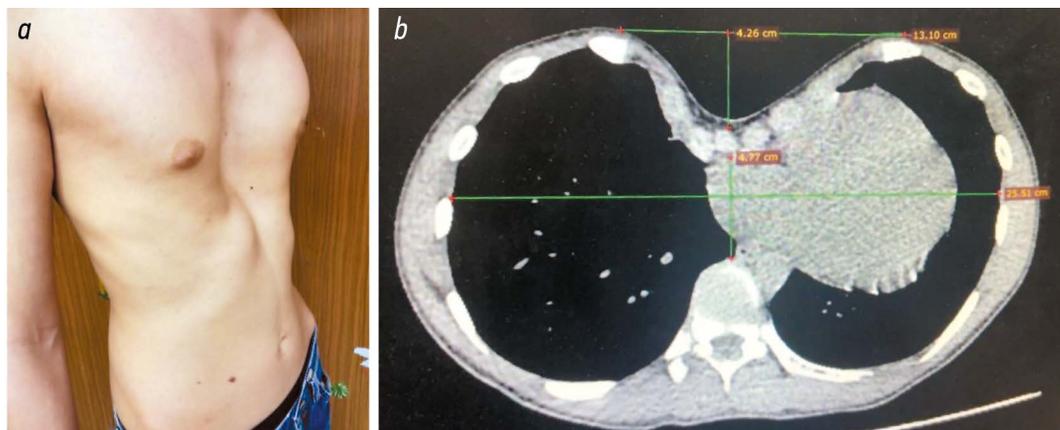


Рис. 1. Пациент 16 лет: *a* — воронкообразная деформация грудной клетки; *b* — компьютерная томография грудной клетки (индекс Галлера = 5,4 см).

Fig. 1. A 16-y.o. patient: *a* — pectus excavatum; *b* — computed tomography of the chest (Haller index 5.4 cm).



**Рис. 2.** Пациентка 14 лет, воронкообразная деформация грудной клетки после стернотомии (коррекция врождённого порока сердца в анамнезе).

**Fig. 2.** A 14-y.o. patient with pectus excavatum after sternotomy (correction of congenital heart defect).

по Нассу, не отличалось от обследования остальных пациентов с ВДГК и включало общеклинические анализы, рентгенографию грудной клетки, эхокардиографию, эзофагогастродуоденоскопию, консультацию генетика и, в случаях сложных анатомических вариантов, компьютерную томографию грудной клетки.

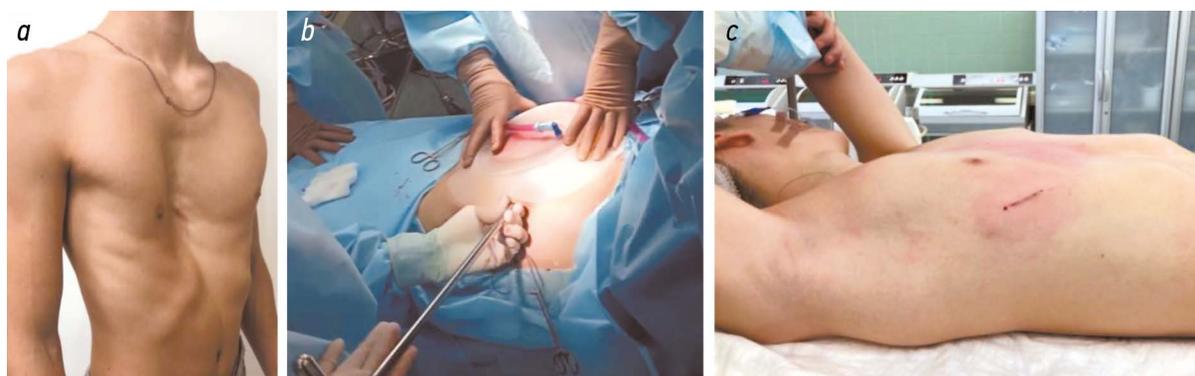
При глубоких ВДГК и деформации по типу «Grand Canyon» торакопластика по Нассу выполняется в положении больного на спине с поднятыми и фиксированными к дуге руками (рис. 3, с). При разметке операционного поля маркером отмечаются места кожных разрезов в проекции межреберий, где планируется введение проводника. Выполняются разрезы с двух сторон, мышцы расслаиваются по ходу волокон и формируются встречные тоннели под грудными мышцами. Вокруг рёбер с двух сторон предварительно проводится нить (Vicril 1,0–2,0)

**Таблица 1.** Использование вакуумного колокола у пациентов, оперированных по методу Насса

**Table 1.** Vacuum bell therapy in patients operated on by D. Nuss technique

Показания	Число пациентов	Средний возраст, лет	Индекс Галлера, см	Глубина деформации, см
Индекс Галлера более 4,5 см	5	12,8±3,4	4,5–6,7	–
Деформация «Grand Canyon»	1	16	4,8	–
Деформация после стернотомии	4	12,5±1,3	3,8–4,9	–
Предоперационная подготовка	5	15,2±1,7	3,5–4,7	2,8±0,6

для последующей фиксации концов пластины. Далее наиболее ответственный этап операции — введение инструмента-проводника слева направо. Инструмент-проводник проводится по сформированному тоннелю до места его проведения за грудиной. Следующим этапом устанавливается ВК соответствующего типоразмера и подключается к операционному аспиратору (рис. 3, b). Под воздействием вакуума достигается максимальная элевация грудины, которая контролируется через смотровое стекло ВК. После достижения элевации грудины трубка ВК перекрывается и отключается от аспиратора. Проводник проводится в намеченной точке межреберья и конец инструмента-проводника извлекается с противоположной стороны. ВК демонтируется и за извлечённый конец инструмента-проводника фиксируется прочная леска. Инструмент-проводник извлекается и к проведённой за грудиной леске привязывается пластина. Пластина проводится таким образом, чтобы Т-образный конец расположился слева. Затем пластина ротируется на 180° в правильное положение, что приводит к коррекции деформации грудной клетки. На последнем этапе корригирующая пластина фиксируется, и раны послойно ушиваются (рис. 3, с).



**Рис. 3.** Пациент с глубокой деформацией по типу «Grand Canyon»: a — вид до операции; b — интраоперационное использование вакуумного колокола; c — вид после операции.

**Fig. 3.** Patient with deep deformity of the “Grand Canyon” type: a — view before surgery; b — intraoperative application of vacuum bell; c — view after surgery.



**Рис. 4.** Торакопластика по Нассу с торакоскопией и с интраоперационной элевацией грудины.

**Fig. 4.** Thoracoplasty by D. Nuss technique with thoracoscopy and intraoperative sternum elevation.

При ВДГК после стернотомии торакопластика по Нассу выполняется с помощью торакоскопии и интраоперационной элевации грудины. В положении больного на спине с поднятыми и фиксированными к дуге руками в левую плевральную полость устанавливаются 3 троакара, поддерживают карбокситоракс с давлением 6–8 мм рт. ст. и скоростью потока 10 л/мин. После ревизии переднего средостения и левой плевральной полости устанавливается ВК соответствующего типоразмера и подключается к операционному аспиратору (рис. 4).

Под воздействием вакуума достигается максимальная элевация грудины, которая контролируется при торакоскопии. При этом оценивается расстояние и выраженность спаечного процесса между внутренней поверхностью грудной стенки и сердца (рис. 5).

Далее под контролем торакоскопии выполняется рассечение спаек с использованием моно- и биполярной

коагуляции. Мобилизация сердца от внутренней поверхности грудной стенки осуществляется до противоположной стороны. Инструменты для торакоскопии извлекаются и затем выполняется торакопластика по Нассу. Все этапы операции аналогичны описанным выше. На последнем этапе операции остаточный карбокситоракс устраняется при форсированном раздувании лёгких. Корректирующая пластина фиксируется, и раны послойно ушиваются.

У пациентов с ригидной ВДГК и индексом Галлера 3,5–4,5 см в качестве предоперационной подготовки к торакопластике используется ВК. Ежедневная предоперационная подготовка начинается под контролем лечащего врача при поступлении пациента в стационар (за 3–4 сут до оперативного лечения). Длительность ежедневного использования ВК составляло от 60 до 180 мин 2–3 раза в день. Все этапы оперативного вмешательства аналогичны описанным выше (рис. 6 и 7).

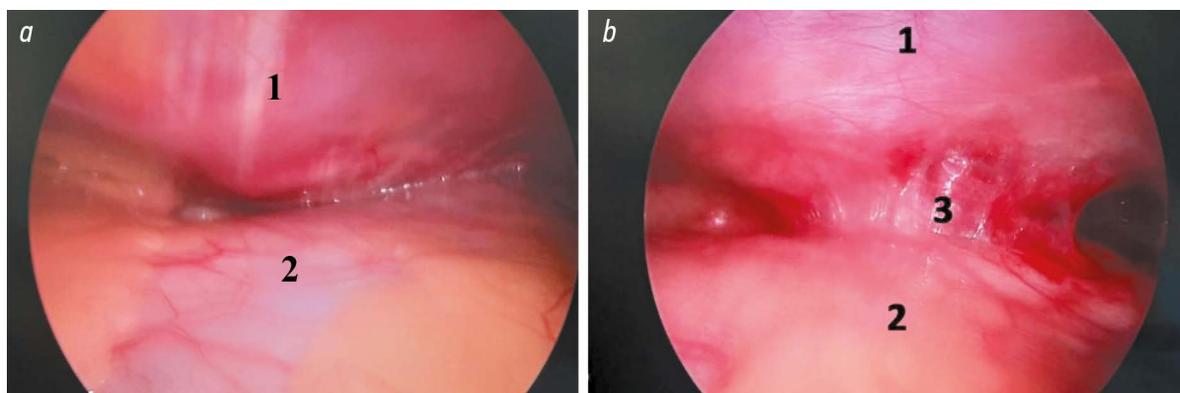
Необходимо отметить, что корректирующую пластину желательно смоделировать до начала использования ВК, а также выполнить разметку маркером точек проведения корректирующей пластины в грудную полость. Это позволит исключить неточности в подборе размера корректирующей пластины и уровня её проведения во время оперативного вмешательства.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

При глубоких ВДГК и варианте деформации «Grand Canyon» продолжительность торакопластики по Нассу клинически значимо не отличалась от стандартной операции и составила в среднем  $32,1 \pm 7,5$  мин.

При ВДГК после стернотомии и продолжительность торакопластики по Нассу с выполнением торакоскопии и с интраоперационной элевацией грудины в среднем составила  $57,5 \pm 17,0$  мин.

Во всех случаях интраоперационного использования ВК получен отличный функциональный и косметический результат.



**Рис. 5.** Интраоперационные фотографии: *a* — до установки вакуумного колокола (1 — внутренняя поверхность грудной стенки, 2 — сердце); *b* — элевация грудины после установки вакуумного колокола (1 — внутренняя поверхность грудной стенки, 2 — сердце, 3 — спаечный процесс в переднем средостении).

**Fig. 5.** Intraoperative photo: *a* — before installing the vacuum bell (1 — chest inner surface, 2 — heart); *b* — elevation of the sternum after vacuum bell installation (1 — inner surface of the chest wall, 2 — heart, 3 — adhesive process in the anterior mediastinum).



**Рис. 6.** Предоперационное использование вакуумного колокола у пациентки 15 лет с воронкообразной деформацией грудной клетки: *a* — до использования вакуумного колокола (глубина деформации 2,0 см); *b* — вид перед операцией (после 3 сут использования вакуумного колокола); *c* — вид перед операцией (глубина деформации <0,5 см).

**Fig. 6.** Preoperative vacuum bell in a 15-y.o. with pectus excavatum: *a* — before vacuum bell therapy (deformation depth 2.0 cm); *b* — vacuum bell therapy stages (3 days); *c* — view before surgery (deformation depth <0.5 cm).



**Рис. 7.** Предоперационное использование вакуумного колокола у пациента 16 лет с воронкообразной деформацией грудной клетки: *a* — до использования вакуумного колокола (глубина 2,6 см); *b* — вид перед операцией (после 4 сут использования вакуумного колокола); *c* — интраоперационная примерка пластины (глубина деформации 0,7 см).

**Fig. 7.** Preoperative vacuum bell in a 16-y.o. patient with pectus excavatum: *a* — before vacuum bell therapy (depth 2.6 cm); *b* — view before surgery (before vacuum bell therapy for 4 days); *c* — intraoperative fitting of the plate (deformation depth 0.7 cm).

Специфическим осложнением во всех описываемых случаях было формирование транзиторной петехиальной сыпи в проекции установки ВК. Данное проявление воздействия отрицательного давления, создаваемого ВК, не повлияло на конечный результат.

У пациентов, использовавших ВК до операции в качестве подготовки, значительно уменьшилась глубина деформации — на момент операции средняя глубина деформации составила  $0,67 \pm 0,4$  см. Продолжительность операции клинически значимо не изменилась и составила  $30,0 \pm 8,4$  мин.

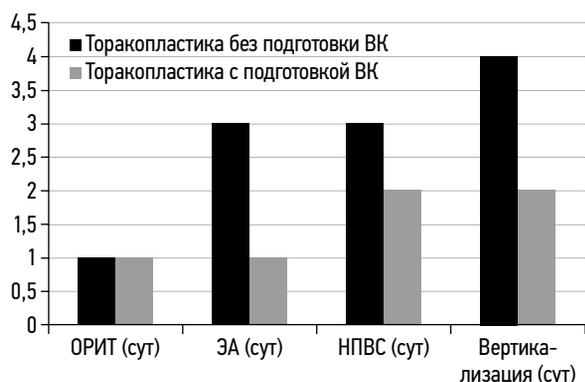
При сравнительном анализе у пациентов, использовавших ВК до операции, выявлено клинически значимое сокращение сроков продлённой эпидуральной анестезии, использования нестероидных противовоспалительных препаратов, вертикализации пациентов и восстановления двигательной активности в послеоперационном периоде по сравнению с пациентами без применения ВК (рис. 8) [7].

В одном наблюдении у пациентки 11 лет с ВДГК после стернотомии возникло жизнеугрожающее осложнение в виде кровотечения из-за ранения сердца во время

торакоскопии. Интраоперационно выполнялась элевация грудины при помощи ВК. Во время рассечения спаек переднего средостения и мобилизации сердца от внутренней поверхности грудной стенки возникло кровотечение из дефекта стенки правого предсердия. Ушить возникший дефект не представлялось возможным. В связи с этим выполнена рестернотомия и дефект стенки правого предсердия был ушит (рис. 9). Далее установлена корригирующая пластина и выполнена коррекция ВДГК. Кровопотеря составила 900 мл, интраоперационно проводилась гемотранфузия.

## ОБСУЖДЕНИЕ

В литературе в последнее время все большее число авторов сообщают о рутинном использовании методов элевации грудины во время операции по Нассу с целью повышения безопасности. Разработанные различные модификации оригинального метода D. Nuss включают прежде всего использование торакоскопии для предотвращения слепого повреждения сердца и сосудов. По данным различных авторов внедрение рутинной



**Рис. 8.** Течение послеоперационного периода после торакопластики по Нассус подготовкой и без подготовки вакуумным колоколом: ОРИТ — отделение реанимации и интенсивной терапии; ЭА — эпидуральная анестезия; НПВС — нестероидные противовоспалительные препараты; ВК — вакуумный колокол.  
**Fig. 8.** Postoperative course after thoracoplasty by D. Nuss technique with and without vacuum bell preparation: Торакопластика без подготовки ВК — thoracoplasty without vacuum bell preparation; Торакопластика с подготовкой ВК — thoracoplasty with vacuum bell preparation; ОРИТ (сут) — intensive care unit (day); ЭА (сут) — epidural anesthesia (day); НПВС (сут) — non-steroidal anti-inflammatory drugs (day); Вертикализация (сут) — verticalization (day)

торакокопии снизило частоту, но не смогло полностью устранить случаи перфорации сердца [4–6]. Анализ применения операции по Нассу в 50 учреждениях Соединённых штатов Америки (Национальная программа улучшения качества хирургической помощи Американского колледжа хирургов) показал, что торакокопия используется только в 84% участвующих в исследовании центров [8]. Наряду с этим, все большее число авторов сообщают о рутинном использовании техники подъёма грудины во время операции по Нассу для повышения безопасности и снижения частоты осложнений [9].

Для профилактики травмы сердца, существует несколько методов с использованием различных устройств, включая кран и проволочный шов, подъёмный крюк, ретрактор Кента или Лангенбека в сочетании с дополнительными разрезами и устройством ВК. Так, Y. Уоон и соавт. при выполнении операции по Нассу у пожилых и молодых пациентов осуществлял элевацию грудины с помощью кранового устройства, используя ретрактор Кента. При этом подъем грудины осуществлялся за проволочные нити, которые пришивают к грудине [10]. S. St. Peter и соавт. предложили использовать субксифоидный дополнительный разрез, позволяющий осуществлять интраоперационный пальцевой контроль для защиты органов средостения. Таким образом, операции включали 2 боковых разреза, 1 субксифоидный разрез и 2 боковых стабилизатора, при этом необходимость в проведении торакокопии отпала [11]. Н. Парки соавт. представили применение техники крана с использованием проволочных швов для элевации грудины у взрослых пациентов и подростков с глубокими деформациями грудной стенки, чтобы избежать повреждения сердца [12]. Крановая техника осуществляется



**Рис. 9.** Интраоперационная картина после рестернотомии и ушивания дефекта стенки правого предсердия.

**Fig. 9.** Intraoperative view after re-sternotomy and defect suturing in the right atrium wall.

с помощью металлической проволоки и шарнирного подъёмника. На мечевидный отросток или другую часть тела грудины накладывается проволочный костный шов, который фиксируется к подъёмной системе, установленной на операционном столе [10, 13]. S. Takagi и соавт. разработали метод ручной элевации грудины, который осуществляется через передне-боковой разрез в грудной стенке, выполненный под торакоскопическим контролем. При этом ассистент, стоящий слева от пациента, удерживает ручной грудинный подъёмник создавая достаточное пространство между грудиной и сердцем [14]. M. Tedde и соавт. описали методику с использованием 2 ретракторов Лангенбека, вставленных через разрезы, в которые вводится пластина, для подтягивания грудной стенки кверху. При этом сердце перемещается вниз под действием собственной массы [15]. Выполнение операции по Нассу у взрослых пациентов более сложная задача из-за ригидной грудной клетки. Во многом благодаря использованию методики Park для элевации грудины, у большинства взрослых пациентов хирургическое вмешательство было проведено без осложнений [16, 17].

Применение ВК для элевации грудины подробно описано в работе F. Haesker и соавт. При этом происходит достоверное поднятие грудины, что было подтверждено при торакокопии. Продвижение интродьюсера и установка пластины были безопасными, успешными и прошли без осложнений у всех пациентов. Также не было отмечено случаев повреждения сердца, перикарда и сосудов грудной полости [18]. При использовании ВК наиболее выраженным побочным эффектом является подкожная гематома и отёк подкожно-жировой клетчатки в месте установки устройства. Однако оба описанных явления носят транзиторный характер и обычно спонтанно купируются до выписки пациента из стационара. В отличие от других методов элевации грудины при использовании ВК не требуется выполнение дополнительных разрезов кожи или проколов. Вследствие этого, техника элевации грудины с помощью ВК

не оставляет послеоперационных рубцов. В связи с вышеизложенным F. Naesker и соавт. рекомендуют рутинное интраоперационное использование ВК при операции по Нассу, которое эффективно даже у пациентов старше 25 лет. Одним из аргументов в пользу использования ВК является то, что техника элевации грудины, используемая вовремя операции по Нассу, должна быть направлена на улучшение качества и безопасности вмешательства без дополнительного образования видимых послеоперационных рубцов. Безусловно, тяжесть деформации, эластичность передней грудной стенки и возраст пациента — важные аспекты, которые могут повлиять на эффективность и безопасность процедуры элевации грудины.

S. Sesia и соавт. разработали и предложили прототип электронного измерительного устройства, который позволяет объективно измерять гибкость грудной стенки. Они выявили положительную корреляцию между приложенным отрицательным давлением и возрастом пациента — чем моложе пациент, тем меньшее приложенное отрицательное давление и более эластична грудная клетка. Авторами было установлено, что после применения ВК отрицательное давление уменьшалось у одного и того же пациента, это может говорить о том, что терапия ВК повышает эластичность грудной клетки [19]. Вероятно, именно с этим связано уменьшение болевого синдрома у пациентов с предоперационным использованием ВК.

На основании вышеупомянутых аспектов, F. Naesker и соавт. рекомендуют использовать элевацию грудины в качестве обычной процедуры во время операции по Нассу. Поскольку ВК является наименее инвазивным из всех доступных методов, но не менее эффективным, ряд авторов рекомендует его интраоперационное применение в качестве неотъемлемой части стандартизированной операции по Нассу [20, 21].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Интраоперационное использование ВК показало себя как эффективная неинвазивная методика элевации грудины, не требующая дополнительных кожных разрезов или проколов, а также установки дополнительного оборудования на операционном столе. Особенно эффективным

оказалось использование ВК у пациентов, ранее перенесших стернотомию. При этом создаётся достаточная элевация грудины для безопасного проведения интродьюсера и более безопасного разделения спаек в переднем средостении. Предоперационное использование ВК уменьшило болевой синдром у пациентов в послеоперационном периоде. Однако окончательные выводы по предоперационному использованию ВК делать рано, в связи с небольшой выборкой пациентов, что требует дальнейшего изучения.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Наибольший вклад распределён следующим образом: З.Б. Митупов — сбор и обработка материала, написание текста; А.Ю. Разумовский — редактирование; А.О. Шомина — сбор и обработка материала, написание текста; Г.Ю. Чумакова — сбор и обработка материала, редактирование; А.А. Павлов — редактирование.

**Источник финансирования.** Статья публикуется без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов.

**Этическая экспертиза.** Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом ЛЭК РНИМУ им. Н.И. Пирогова (№ 213 от 13.12.2021).

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors confirm compliance of their authorship with the international ICMJE criteria. The largest contribution is distributed as follows: Z.B. Mitupov — the collection and processing of the material, writing a text; A.Yu. Razumovskii — editing; A.O. Shominova — the collection and processing of the material, writing a text; G.Yu. Chumakova — the collection and processing of the material, editing; A.A. Pavlov — editing.

**Funding source.** The publication had no sponsorship.

**Competing interests.** The authors claim that there is no conflict of interest in the article.

**Ethics approval.** The present study protocol was approved by the local Ethics Committee of the Pirogov Russian National Research Medical University (№ 213 by 13.12.2021).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Croitoru D.P., Kelly R.E., 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. Vol. 37, N 3. P. 437-445. doi: 10.1053/jpsu.2002.30851
2. Zou J., Luo C., Liu Z., Cheng C. Cardiac arrest without physical cardiac injury during Nuss repair of pectus excavatum // *J Cardiothorac Surg*. 2017. Vol. 12, N 1. P. 61. EDN: YVOSXY doi: 10.1186/s13019-017-0624-2
3. Takahashi T., Okazaki T., Yamataka A., Uchida E. Usefulness of Kent retractor and lifting hook for Nuss procedure // *Pediatr Surg Int*. 2015. Vol. 31, N 11. P. 1103-1105. EDN: ZJMQUAD doi: 10.1007/s00383-015-3764-2
4. 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. Vol. 21, N 8. P. 757-761. doi: 10.1089/lap.2011.0035
5. Bouchard S., Hong A.R., Gilchrist B.F., Kuenzler K.A. Catastrophic cardiac injuries encountered during the minimally invasive repair of pectus excavatum // *Semin Pediatr Surg*. 2009. Vol. 18, N 2. P. 66-72. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2009.02.002
6. Hebra A. Minor and major complications related to minimally invasive repair of pectus excavatum // *Eur J Pediatr Surg*. 2018. Vol. 28, N 4. P. 320-326. doi: 10.1055/s-0038-1670690

7. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Митупов З.Б., и др. 15-летний опыт лечения воронкообразной деформации грудной клетки у детей // Детская хирургия. Журнал им. Ю.Ф. Исакова. 2016. Т. 20, № 6. С. 284-287. EDN: XRFYZP doi: 10.18821/1560-9510-2016-20-6-284-287

8. Sacco-Casamassima M.G., Goldstein S.D., Gause C.D., et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: Analyzing contemporary practice in 50 ACS NSQIP-pediatric institutions // *Pediatr Surg Int*. 2015. Vol. 31, N 5. P. 493-499. EDN: BHGMUY doi: 10.1007/s00383-015-3694-z

9. Haecker F.M., Krebs T., Kocher G.J., et al. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum // *Interact CardioVascThorac Surg*. 2019. Vol. 29, N 4. P. 497-502. doi: 10.1093/icvts/ivz142

10. 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. Vol. 34, N 7. P. 1475-1480. doi: 10.1007/s00268-010-0465-9

11. St Peter S.D., Sharp S.W., Ostlie D.J., et al. Use of subxiphoid incision for pectus bar placement in the repair of pectus excavatum // *J Pediatr Surg*. 2010. Vol. 45, N 6. P. 1361-1364. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2010.02.115

12. Park H.J., Jeong J.Y., Jo W.M., et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: A novel morphology-tailored, patient-specific approach // *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010. Vol. 139, N 2. P. 379-386. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.003

13. Park H.J., Chung W.J., Lee I.S., Kim K.T. Mechanism of bar displacement and corresponding bar fixation techniques in minimally invasive repair of pectus excavatum // *J Pediatr Surg*. 2008. Vol. 43, N 1. P. 74-78. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2007.09.022

14. Takagi S., Oyama T., Tomokazu N., et al. A new sternum elevator reduces severe complications during minimally invasive repair of

pectus excavatum // *Pediatr Surg Int*. 2012. Vol. 28, N 6. P. 623-626. doi: 10.1007/s00383-012-3087-5

15. Tedde M.L., de Campos J.R., Wihlm J.M., Jatene F.B. The Nuss procedure made safer: An effective and simple sternal elevation manoeuvre // *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012. Vol. 42, N 5. P. 890-891. doi: 10.1093/ejcts/ezs442

16. Dzielicki J., Korlacki W., Janicka I., Dzielicka E. Difficulties and limitations in minimally invasive repair of pectus excavatum: 6 years experiences with Nuss technique // *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006. Vol. 30, N 5. P. 801-804. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.08.004

17. Kim D.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. Vol. 80, N 3. P. 1073-1077. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.070

18. Haecker F.M., Sesia S. Intraoperative use of the vacuum bell for elevating the sternum during the Nuss procedure // *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2012. Vol. 22, N 9. P. 934-936. doi: 10.1089/lap.2012.0030

19. Sesia S., Hradetzky D., Haecker F.M. Monitoring the effectiveness of the vacuum bell during pectus excavatum treatment: Technical innovation // *J Pediatr Surg*. 2018. Vol. 53, N 3. P. 411-417. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2017.05.023

20. Haecker F.M., Krebs T., Kocher G.J., et al. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum // *Interact CardioVascThorac Surg*. 2019. Vol. 29, N 4. P. 497-502. doi: 10.1093/icvts/ivz142

21. Elsayed H. Crane technique with the vacuum bell device for improving access in the Nuss procedure // *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015. Vol. 150, N 5. P. 1372-1373. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.03.064

## REFERENCES

- Croitoru DP, Kelly RE, Goretsky MJ, et al. Experience and modification update for the minimally invasive Nuss technique for pectus excavatum repair in 303 patients. *J Pediatr Surg*. 2002;37(3):437-445. doi: 10.1053/jpsu.2002.30851
- Zou J, Luo C, Liu Z, Cheng C. Cardiac arrest without physical cardiac injury during Nuss repair of pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg*. 2017;12(1):61. EDN: YVOSXY doi: 10.1186/s13019-017-0624-2
- Takahashi T, Okazaki T, Yamataka A, Uchida E. Usefulness of Kent retractor and lifting hook for Nuss procedure. *Pediatr Surg Int*. 2015;31(11):1103-1105. EDN: ZJMADQ doi: 10.1007/s00383-015-3764-2
- Becmeur F, Ferreira CG, 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):757-761. doi: 10.1089/lap.2011.0035
- Bouchard S, Hong AR, Gilchrist BF, Kuenzler KA. Catastrophic cardiac injuries encountered during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Semin Pediatr Surg*. 2009;18(2):66-72. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2009.02.002
- Hebra A. Minor and major complications related to minimally invasive repair of pectus excavatum. *Eur J Pediatr Surg*. 2018;28(4):320-326. doi: 10.1055/s-0038-1670690
- Razumovsky AY, Alkhasov AB, Mitupov ZB, et al. 15 year experience with the treatment of sunken chest in children. *Detskayakhirurgiya (Russian Journal of Pediatric Surgery)*. 2016;20(6):284-287. EDN: XRFYZP doi: 10.18821/1560-9510-2016-20-6-284-287
- Sacco-Casamassima MG, Goldstein SD, Gause CD, et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: Analyzing contemporary practice in 50 ACS NSQIP-pediatric institutions. *Pediatr Surg Int*. 2015;31(5):493-499. EDN: BHGMUY doi: 10.1007/s00383-015-3694-z
- Haecker FM, Krebs T, Kocher GJ, et al. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Interact CardioVasc Thorac Surg*. 2019;29(4):497-502. doi: 10.1093/icvts/ivz142
- Yoon YS, Kim HK, Choi YS, et al. A modified Nuss procedure for late adolescent and adult pectus excavatum. *World J Surg*. 2010;34(7):1475-1480. doi: 10.1007/s00268-010-0465-9
- Peter SD, Sharp SW, Ostlie DJ, et al. Use of subxiphoid incision for pectus bar placement in the repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2010;45(6):1361-1364. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2010.02.115
- Park HJ, Jeong JY, Jo WM, et al. Minimally invasive repair of pectus excavatum: A novel morphology-tailored, patient-specific approach. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(2):379-386. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.09.003
- Park HJ, Chung WJ, Lee IS, Kim KT. Mechanism of bar displacement and corresponding bar fixation techniques in minimally invasive repair of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*. 2008;43(1):74-78. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2007.09.022
- Takagi S, Oyama T, Tomokazu N, et al. A new sternum elevator reduces severe complications during minimally invasive repair of pectus excavatum. *Pediatr Surg Int*. 2012;28(6):623-626. doi: 10.1007/s00383-012-3087-5

15. Tedde ML, Milanez de Campos JR, Wihlm JM, Jatene FB. The Nuss procedure made safer: An effective and simple sternal elevation manoeuvre. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42(5):890-891. doi: 10.1093/ejcts/ezs442
16. Dzielicki J, Korlacki W, Janicka I, Dzielicka E. Difficulties and limitations in minimally invasive repair of pectus excavatum: 6 years experiences with Nuss technique. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2006;30(5):801-804. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.08.004
17. Kim DH, Hwang JJ, Lee MK, et al. Analysis of the Nuss procedure for pectus excavatum in different age groups. *Ann Thorac Surg.* 2005;80(3):1073-1077. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.03.070
18. Haecker FM, Sesia S. Intraoperative use of the vacuum bell for elevating the sternum during the Nuss procedure. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2012;22(9):934-936. doi: 10.1089/lap.2012.0030
19. Sesia S, Hradetzky D, Haecker FM. Monitoring the effectiveness of the vacuum bell during pectus excavatum treatment: Technical innovation. *J Pediatr Surg.* 2018;53(3):411-417. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2017.05.023
20. Haecker FM, Krebs T, Kocher GJ, et al. Sternal elevation techniques during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(4):497-502. doi: 10.1093/icvts/ivz142
21. Elsayed H. Crane technique with the vacuum bell device for improving access in the Nuss procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(5):1372-1373 doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.03.064

## ОБ АВТОРАХ

### \* Шоминова Алёна Олеговна;

адрес: 117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1;  
ORCID: 0000-0001-7205-0937;  
e-mail: alshominova@icloud.com

### Митупов Зорикто Батоевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-0016-6444;  
eLibrary SPIN: 5182-1748;  
e-mail: zmitupov@mail.ru

### Разумовский Александр Юрьевич, д-р мед. наук,

профессор, член-корр. РАН;  
ORCID: 0000-0002-9497-4070;  
eLibrary SPIN: 3600-4701;  
e-mail: 1595105@mail.ru

### Чумакова Галина Юрьевна, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-4725-318X;  
e-mail: chumakova-g@bk.ru

### Павлов Анатолий Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-1709-646X;  
e-mail: doctorpavlov@mail.ru

## AUTHORS' INFO

### \* Alena O. Shominova, MD;

address: 1 Ostrovityanova street, 117887 Moscow, Russia;  
ORCID: 0000-0001-7205-0937;  
e-mail: alshominova@icloud.com

### Zorikto B. Mitupov, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;

ORCID: 0000-0002-0016-6444;  
eLibrary SPIN: 5182-1748;  
e-mail: zmitupov@mail.ru

### Aleksander Yu. Razumovskiy, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences;  
ORCID: 0000-0002-9497-4070;  
eLibrary SPIN: 3600-4701;  
e-mail: 1595105@mail.ru

### Galina Yu. Chumakova, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-4725-318X;  
e-mail: chumakova-g@bk.ru

### Anatoliy A. Pavlov, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-1709-646X;  
e-mail: doctorpavlov@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author