

© ШЕФЕР Н. А., ТОПОЛЬНИЦКИЙ Е. Б., ЮНУСОВ А. Н., МАРЧЕНКО Е. С.

УДК:617-089.844.611.26.617.542

DOI: 10.20333/25000136-2024-2-107-112

## Реконструктивная хирургия диафрагмально-межреберных грыж: от истории к практике

Н. А. Шефер<sup>1,2</sup>, Е. Б. Топольницкий<sup>1,2,3</sup>, А. Н. Юнусов<sup>2</sup>, Е. С. Марченко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный медицинский университет, Томск 634050, Российская Федерация

<sup>2</sup> Томская областная клиническая больница, Томск 634069, Российская Федерация

<sup>3</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск 634050, Российская Федерация

**Резюме.** Считается, что диафрагмально-межреберная грыжа относится к редким патологиям и характеризуется формированием дефекта грудной стенки с вовлечением реберной дуги, диафрагмы и межрёберных мышц. Однако в существующих публикациях прослеживаются таксономические разногласия, не позволяющие обобщить материал и стандартизировать лечение. В большинстве случаев хирургические подходы направлены на устранение дефекта и укрепление тканей диафрагмы и грудной стенки синтетическими имплантатами. Приводим два клинических наблюдения. В первом случае имел место разрыв реберной дуги с межреберной грыжей слева без нарушения целостности диафрагмы с ложным суставом 9 ребра. Во втором случае была диагностирована левосторонняя диафрагмально-межреберная грыжа без разрыва реберной дуги с ложным суставом 8 ребра. В обоих случаях были применены оригинальные хирургические решения с применением альтернативных материалов на основе никелида титана.

**Ключевые слова:** Диафрагмально-межреберная грыжа, реберная дуга, диафрагма, межреберные мышцы, реконструкция, имплантат.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Для цитирования:** Шефер НА, Топольницкий ЕБ, Юнусов АН, Марченко ЕС. Реконструктивная хирургия диафрагмально-межреберных грыж: от истории к практике. *Сибирское медицинское обозрение.* 2024;(2):107-112. DOI: 10.20333/25000136-2024-2-107-112

## Reconstructive surgery of diaphragmatic-intercostal hernia: from history to practice

N. A. Shefer<sup>1,2</sup>, E. B. Topolnitskiy<sup>1,2,3</sup>, A. N. Yunusov<sup>2</sup>, E. S. Marchenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Siberian State Medical University Tomsk 634050, Russian Federation

<sup>2</sup> Tomsk Regional Clinical Hospital, Tomsk 634069, Russian Federation

<sup>3</sup> Tomsk State University, Tomsk 634050, Russian Federation

**Abstract.** It is believed that diaphragmatic-intercostal hernia is a rare pathology and is characterised by the formation of a defect in the chest wall involving the costal arch, diaphragm and intercostal muscles. However, existing publications contain taxonomic discordances that do not allow generalising the material and standardising the treatment. In most cases, surgical approaches are aimed at eliminating the defect and strengthening the tissues of the diaphragm and chest wall with synthetic implants. We present two clinical observations: in the first case, there was a rupture of the costal arch with an intercostal hernia on the left without violating the integrity of the diaphragm with a pseudarthrosis of the 9th rib; in the second case, a left-sided diaphragmatic-intercostal hernia was diagnosed without a rupture of the costal arch with a pseudarthrosis of the 8th rib. In both cases, original surgical solutions were used using alternative materials based on titanium nickelide.

**Key words:** diaphragmatic-intercostal hernia, costal margin, diaphragm, intercostal muscles, reconstruction, implant.

**Conflict of interest.** The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest associated with the publication of this article.

**Citation:** Shefer NA, Topolnitskiy EB, Yunusov AN, Marchenko ES. Reconstructive surgery of diaphragmatic-intercostal hernia: from history to practice. *Siberian Medical Review.* 2024; (2):107-112. DOI: 10.20333/25000136-2024-2-107-112

### Введение

Изолированные травмы реберной дуги, включающие разрывы межреберных мышц, диафрагмы и формирование грыжевых дефектов с деформацией грудной стенки, относят к редкой патологии, а диагностика и лечение остаются трудной и нерешенной задачей. Принято считать, что первое описание подобного клинического случая принадлежит Роланду и датируется 1499 г. В сообщении автор описал вариант легочной грыжи с расхождением межреберных мышц и пролабированием легкого без вовлечения в дефект диафрагмы. В ряде отечественных источников указывается, что первое упоминание именно

диафрагмально-межреберной грыжи (ДМГ) принадлежит Cruveilhier 1828 г. Однако в большинстве зарубежных публикаций указывается 1911 год и Gerster в качестве автора. Позднее отмечено более активное проявление интереса к проблеме, что доказывает появление серии публикаций, включающих как описание единичных случаев, так и с включением групп больных, где самое большое количество насчитывало 42 пациента [1, 2, 3, 4]. Несмотря на актуальность проблемы хирургического лечения ДМГ и накопленный клинический опыт, сохранялись противоречия, в первую очередь связанные с таксономией. Среди авторов отсутствовал консенсус в точном определении

данной патологии и характера повреждений. В публикациях встречались такие названия, как трансдиафрагмальная межреберная грыжа, межреберная грыжа, приобретенная абдоминальная межреберная грыжа [2, 3, 4, 5]. Однако детальный разбор сообщений показал, что в большинстве зарегистрированных случаев наблюдалась именно межреберная грыжа, при описании которой сформировавшийся дефект не сочетался с разрывом реберной дуги и пролабированием купола диафрагмы через дефект в межреберье с расхождением межреберных мышц [1, 2, 3, 4]. Первая попытка систематизировать повреждения реберной дуги с вовлечением диафрагмы и межреберий произошла относительно недавно и принадлежит коллективу хирургов из Шеффилдского госпиталя Великобритании. Авторы в 2018 г. опубликовали собственную классификацию, основанную на клиническом опыте хирургического лечения 38 пациентов [5]. При систематизации встречающихся повреждений анализировались аксиальные КТ-изображения с коронарной и сагиттальной реконструкцией и учитывались повреждения реберной дуги, диафрагмы и межреберных мышц (рис. 1). На основании полученной классификации были предложены оригинальные варианты реконструкции в зависимости от характера повреждений. При этом, согласно их данным, лишь в четырех случаях пациенты имели истинную ДМГ. В этом же сообщении авторы предложили сложную открытую методику реконструкции межреберного дефекта с использованием многослойной полипропиленовой сетки и восстановлением купола диафрагмы на фетровых прокладках, а в случаях повреждения

ребер и формирования ложных суставов использовали титановые пластины системы MatrixRib (USA) [5, 6]. В других подобных публикациях реконструкция ДМГ также осуществляли местными тканями или с применением синтетических протезов по оригинальным методикам [3, 4, 5, 6]. Таким образом, на настоящий момент отсутствуют рекомендации и стандартизированные хирургические подходы при реконструкции ДМГ.

В нашем случае имеется опыт хирургического лечения двух пациентов с вариантами ДМГ, в обоих случаях грыжа сочеталась с повреждением реберной дуги и ребра. Выбор оригинальных материалов и хирургических технологий при реконструкции послужили предпосылкой для данного сообщения.

Клиническое наблюдение 1. Пациент П. 56 лет госпитализирован в хирургическое торакальное отделение Томской областной клинической больницы с жалобами на боли и деформацию левой половины грудной клетки. Из анамнеза известно, что пациент четыре года назад перенес кататравму. Через два года после этого отметил деформацию грудной клетки и боли в проекции левой реберной дуги, усиливающиеся при физических нагрузках. При объективном осмотре в проекции VIII межреберья слева определялся дефект в результате расхождения межреберных мышц и пролабирование тканей под кожу. Сформировавшееся выпячивание определялось при визуальном осмотре, увеличивалось при натуживании и кашле. При глубокой пальпации определялся дефект в межреберье с патологической подвижностью 8 ребра.

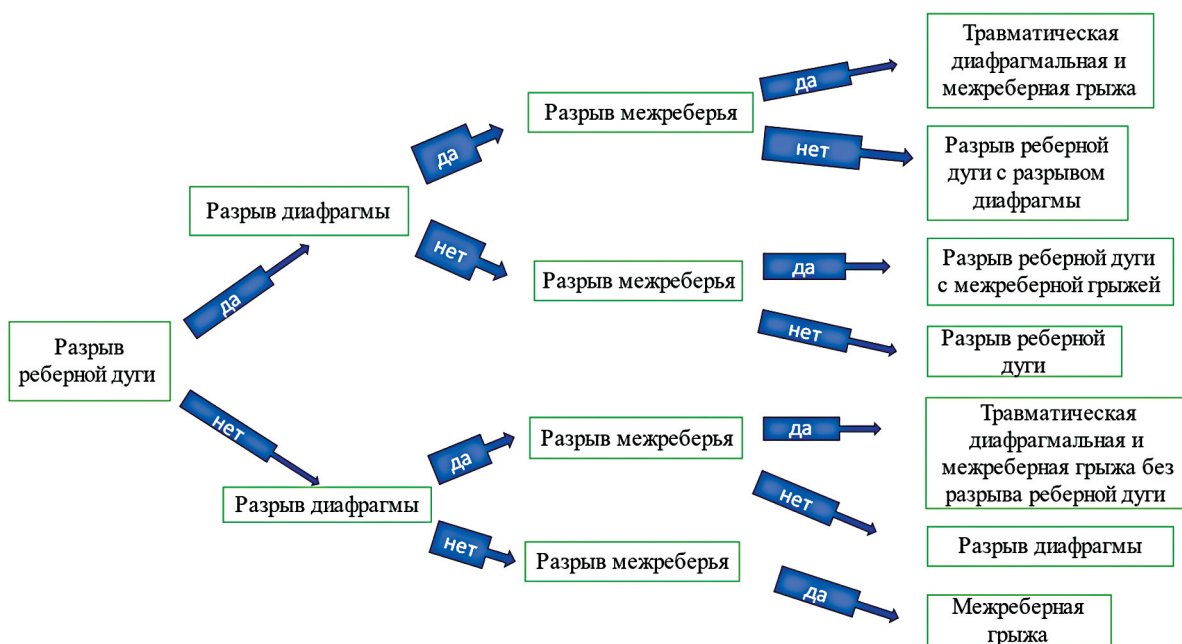


Рисунок 1. Шеффилдская классификация разрывов реберной дуги.  
Figure 1. Sheffield classification of injuries involving the costal margin.

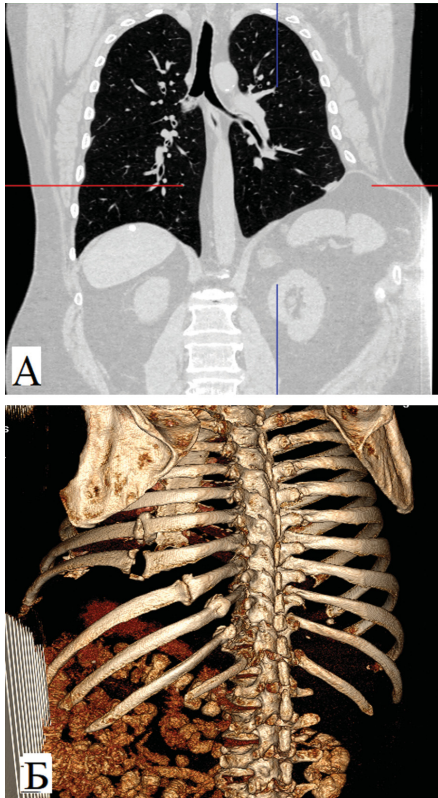


Рисунок 2. Пациент П. 56 лет. Диафрагмально-межреберная грыжа слева без разрыва реберной дуги с ложным суставом 8 ребра (СКТ – реконструкция). А – корональная проекция в мягкотканом окне; Б – костные структуры грудной клетки в режиме 3D-изображения.

Figure 2. Patient P., 56 years old. Diaphragmatic-intercostal hernia on the left without rupture of the costal arch with pseudarthrosis of the 8th rib (SCT reconstruction). A – coronal projection in a soft tissue window; Б – bone structures of the chest in 3D image mode.

Проведено комплексное предоперационное дообследование, включающее СКТ – реконструкцию. По Шеффилдской классификации у пациента выставлен диагноз посттравматическая левосторонняя диафрагмально-межреберная грыжа без разрыва реберной дуги с ложным суставом 8 ребра (рис. 2).

После предоперационной подготовки пациенту выполнена торакотомия слева в проекции 8 межреберья. При ревизии обнаружен диастаз межреберных мышц между 8 и 9 ребрами протяженностью до 10 см, ложный сустав заднего отрезка 8 ребра с патологической подвижностью, спаечный процесс в плевральной полости, что потребовало декортикации нижней доли легкого. В проекции переднебокового ската левого купола диафрагмы был обнаружен разрыв с истончением и расхождением мышечных волокон, через которые в дефект межреберья пролабировал грыжевой мешок, представленный париетальным листком брюшины. Для улучшения визуализации и удобства



Рисунок 3. Пациент П. 56 лет. Три месяца после хирургического лечения диафрагмально-межреберной грыжи слева (СКТ – реконструкция). А – корональная проекция в мягкотканом окне; Б – фронтальная проекция в мягкотканом окне.

Figure 3. Patient P., 56 years old. Three months after surgical treatment of a diaphragmatic intercostal hernia on the left (SCT reconstruction). A – coronal projection in a soft tissue window; Б – frontal projection in a soft tissue window.

манипуляции доступ был расширен на переднюю брюшную стенку, что позволило мобилизовать и вскрыть грыжевой мешок, содержимым которого являлись петли толстой кишки и прядь большого сальника. После вправления содержимого грыжевой мешок был резецирован с ушиванием брюшины. Купол диафрагмы восстановлен путем формирования дубликатуры и укрепления поверхности металлтрикотажем из никелида титана. Край диафрагмы и сетчатого имплантата фиксированы к внутренней поверхности 9 ребра. После резекции ложного сустава 8 ребра выполнено устранение межреберного дефекта путем наложения перикостальных швов с дополнительным укреплением металлтрикотажем из никелида титана.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Заживление операционного доступа прошло без первичного натяжения. Признаков деформации и парадоксального дыхания в месте операции не

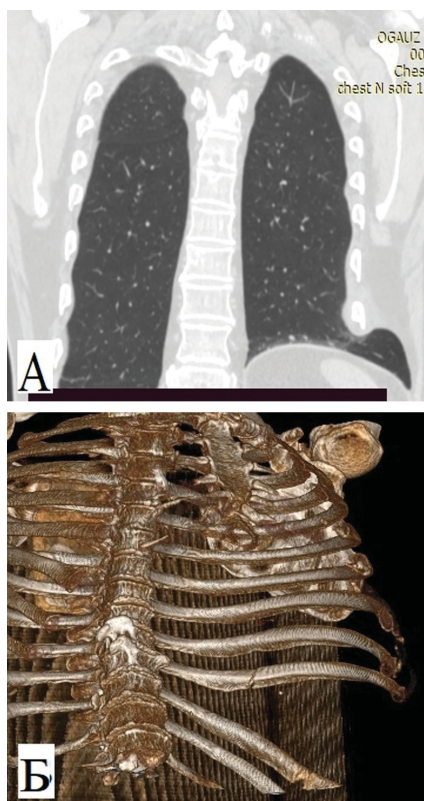


Рисунок 4. Пациент Д, 66 лет. Разрыв реберной дуги с межреберной грыжей слева без разрыва диафрагмы с ложным суставом 9 ребра (СКТ - реконструкция). А – корональная проекция в мягкотканом окне; Б – костные структуры грудной клетки в режиме 3D-изображения.

Figure 4. Patient D, 66 years old. Rupture of the costal arch with intercostal hernia on the left without rupture of the diaphragm with pseudarthrosis of the 9th rib (SCT reconstruction). A – coronal projection in a soft tissue window; B – bone structures of the chest in 3D image mode.

отмечалось. При контрольных СКТ не наблюдалось патологических выпячиваний и дефектов в месте восстановления (рис. 3).

Клиническое наблюдение 2. Пациент Д, 66 лет обратился к хирургу по месту жительства по поводу болей в левой половине грудной клетки при минимальных физических нагрузках и кашле, деформацию в проекции 9 ребра слева. В ходе обследования выявлен перелом 9 ребра с формированием ложного сустава. Для дальнейшего дообследования направлен к торакальному хирургу. Госпитализирован в хирургическое торакальное отделение Томской областной клинической больницы. Из анамнеза известно, что пациент около 9 лет отмечает появление болей в проекции грудной клетки после выраженных физических нагрузок, факт травмы отрицает. Причиной обратиться в лечебное учреждение стало усиление болей, в том числе при кашле.

При объективном осмотре пациент с избыточной массой тела. Визуально в проекции 8 межреберья

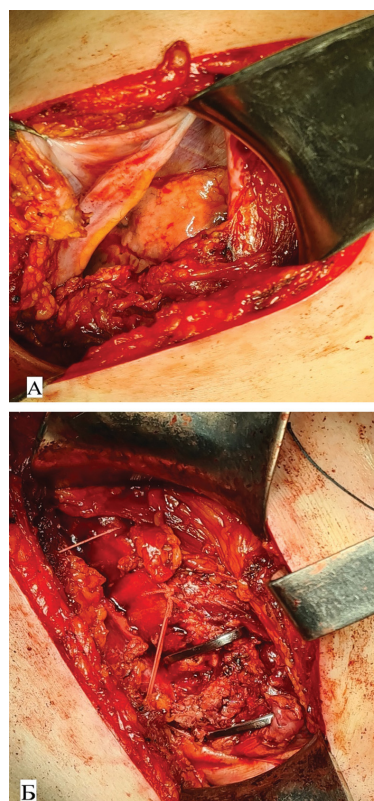


Рисунок 5. Пациент Д, 66 лет. Этапы операции. А – вскрыт грыжевой дефект, стенкой которого является диафрагма; Б – выполнена стабилизация отломков 9 ребра фиксирующим эндопротезом из никелида титана и фиксацией к реберной дуге лавсановыми лигатурами.

Figure 5. Patient D, 66 years old. Stages of the operation. A – a hernia defect is opened, the wall of which is the diaphragm; B – stabilisation of fragments of the 9th rib was performed using a fixing endoprosthesis made of titanium nickelide and fixation to the costal arch with lavsan ligatures.

определялось грыжевое выпячивание с патологической подвижностью 9 ребра.

Проведено комплексное предоперационное дообследование, включающее СКТ – реконструкцию. Согласно Шеффилдской классификации, у пациента определили разрыв реберной дуги с межреберной грыжей слева без нарушения целостности диафрагмы с ложным суставом 9 ребра (рис. 4).

После предоперационной подготовки пациенту выполнена торакотомия слева в проекции 8 межреберья. Плевральная полость свободная. Отмечалась патологическая подвижность ложного сустава 9 ребра по задней подмышечной линии с отрывом симфиза от левой реберной дуги. В результате расхождения межреберных мышц сформировался диастаз межреберья до 10 см с выходом в подкожную клетчатку края нижней доли легкого и релаксированного купола диафрагмы. После помещения органов в физиологическое положение выполнено дренирование плевральной полости, резекция ложного сустава 9 ребра со стабилизацией

отломков оригинальным фиксирующим эндопротезом из никелида титана с фиксацией ребра к реберной дуге лавсановыми лигатурами (рис. 5). Целостность 8 межреберья восстановили путем наложения перикостальных лавсановых швов и укрепления металлотрикотажем из никелида титана.

Послеоперационный период протекал без осложнений. Заживление операционного доступа прошло первичным натяжением. Признаков деформации и патологической подвижности в месте реконструкции не отмечалось. При СКТ – реконструкции не наблюдалось патологических выпячиваний и дефектов в месте восстановления, в месте сопоставленных отломков ребер сформировалась костная мозоль.

### Обсуждение

Сложности, связанные с правильной диагностикой и тактикой при ДМГ, в первую очередь обусловлены имеющимися противоречиями в терминологии. В ряде сообщений ДМГ авторами описывается как разрыв диафрагмы без упоминания о повреждении реберной дуги и диафрагмы, что является противоречивым [5, 6]. Считается, что ДМГ является редкой патологией, при этом в литературе встречается немало сообщений с демонстрацией клинических случаев. Сложности таксономии не позволяют систематизировать все повреждения и разрывы реберной дуги. Кроме этого, в ранних публикациях отсутствовали изображения компьютерной томографии, что не позволяло реально оценить масштаб повреждений. Таким образом, назревала необходимость систематизировать и унифицировать подобные повреждения с учетом анатомических элементов и их связей между собой. В результате накопленного опыта авторами из Шеффилда в основу классификации положена реберная дуга как точка опоры, к которой прикрепляется диафрагма, межреберные мышцы и передняя брюшная стенка. При этом второе место по важности повреждения отведено диафрагме. Несмотря на значительный клинический опыт и экспертный уровень подготовки их рентгенологической службы, анализируя собственные данные всех повреждений реберной дуги, в 33 % случаев был пропущен и не описан разрыв диафрагмы [5]. Своевременное отсутствие достоверной информации о истинном характере повреждения может привести к отказу от операции и консервативному лечению пациента либо оказаться находкой во время операции. Подобная ситуация сложилась у пациента в представленном нами клиническом случае. На всех результатах компьютерной томографии не был описан разрыв диафрагмы, что во время операции оказалось находкой и потребовало изменить хирургическую тактику. Формируя разработанный алгоритм систематизации повреждений, авторы попытались создать условия, при которых риск пропустить разрыв диафрагмы будет сведен к минимуму.

Несмотря на удобство и кажущееся решение проблемы, предложенная классификация не лишена недостатков. Так, коллектив авторов из Англии, экстраполировав данную классификацию на 54 пациентах с различными повреждениями реберной дуги, диафрагмы и межреберий, отметили четкую зависимость классификации от характера травмы [6]. При этом ряд пациентов обращались за помощью без анамнеза травмы, дефекты и разрывы возникали при кашле, чихании или рвоте. В нашем втором клиническом случае пациент также не связывал возникшую патологию с травмой, что не вписывается в предложенную классификацию. Кроме того, нами отмечена неточность в структуре самой классификации. Так, например, вариант диафрагмальной грыжи, в том числе ДМГ, предполагает обязательный разрыв диафрагмы. Однако возникает вопрос: если отсутствует разрыв купола или отрыв диафрагмы от реберной дуги, при этом имеется разрыв межреберных мышц с формированием грыжевого мешка, в котором находится релаксированная диафрагма, или она является стенкой грыжевого мешка, можно ли считать такой дефект ДМГ? Подобная клиническая ситуация не описывается в предложенном алгоритме. Таким образом, по-прежнему сохраняются таксономические противоречия, что требует дальнейшего обобщения материала и обсуждения.

Отсутствие стандартизации касается и вариантов хирургической коррекции ДМГ. В большинстве сообщений авторы предлагают оригинальные варианты реконструкции, используя различные имплантаты, доступные для применения на тот момент. При этом делается акцент на необходимости укрепления истонченных патологических тканей синтетическими материалами. В случаях попыток восстановить дефекты собственными тканями часто регистрируются рецидивы [5, 6]. В современной хирургии наиболее часто используемым материалом можно считать полипропиленовую сетку. С учетом статической и динамической нагруженности на участок реконструкции в последних сообщениях рекомендовано применять многослойные сетки, что связано с частыми разрывами и рецидивами [5, 6]. Наш собственный опыт свидетельствует, что имплантаты из никелида титана показывают оптимальные результаты при использовании в различных областях хирургии, в том числе торакальной. Благодаря биосовместимости создаются оптимальные условия для интеграции имплантата в ткани, в том числе контактирующие и имеющие различную морфологическую структуру [7]. Диафрагма и место фиксации ее к реберной дуге наиболее подвержены нагрузкам и, соответственно, рискам рецидивов. Используемый металлотрикотаж из никелида титана благодаря упругим эластичным свойствам не требует формирования структурного «сэндвич» имплантата и оптимально выдерживает нагрузки.

Дополнительный аспект, не освещенный в литературе, касается реабилитации больных с ДМГ. Так, зачастую описывается модель пациента с избыточной массой тела, выраженным абдоминальным ожирением, сниженным мышечным тонусом, что частично объясняет причину нетравматических разрывов. У таких пациентов, возможно, будет оправдано проведение курсов физической реабилитации по специальным программам на этапе подготовки к операции и в послеоперационном периоде, в том числе коррекция веса. Подобные программы активно применяются при других нозологиях и демонстрируют свою эффективность.

### Заключение

Диафрагмально-межреберные грыжи травматической и нетравматической этиологии, включающие повреждение реберной дуги, диафрагмы и межреберья, встречаются чаще, чем это освещается в источниках литературы. Отсутствие систематизации в терминологии и классификации данной патологии не позволяет полноценно обобщить материал. При выборе варианта их хирургической коррекции предпочтение отдается методикам, включающим укрепление имплантатами восстановленной области. Металлотрикожаж из никелида титана демонстрирует оптимальные результаты и может рекомендоваться в качестве достойной альтернативы синтетическим материалам.

### Источники финансирования

Работа выполнена в рамках проекта Госзадание Минобрнауки России проект № FSWM-2020-0022.

### Литература / References

- Ioannidis O, Matorakis C, Malliora A, Christidis P, Loutzidou L, Mantzoros I, Pramateftakis MG, Kotidis E, Ouzounidis N, Foutsitzis V, Aggelopoulos S. Transdiaphragmatic Intercostal Hernia-An Unusual Hepatic Injury After a Car Accident: A Case Report and Review of the Literature. *Discoveries (Craiova)*. 2021;9(1):e123. DOI: 10.15190/d.2021.2
- Henriques AC, Malena CR, Freitas AC, Waisberg J, Pires AC. Transdiaphragmatic intercostal hernia after spontaneous rib fractures secondary to coughing fit. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões*. 2010;(37):78–80.
- Kalles V, Dasiou M, Doga G, Papapanagiotou I, Konstantinou EA, Mekras A et al. Posttraumatic transdiaphragmatic intercostal hernia: report of a case and review of the literature. *International Surgery Journal*. 2015;(100):444–9.
- Kao P, Fang H-Y, Lu T-Y, Hsu S-C, Chen C-K, Chen P-R. Strangulation of chronic transdiaphragmatic intercostal hernia. *The Annals of Thoracic Surgery*. 2014;(97):155–7.
- Michael R Gooseman, Majd Rawashdeh, Kavitha Mattam, Jagan N Rao, Paul R Vaughan, John G Edwards, Unifying classification for transdiaphragmatic intercostal hernia and other costal margin injuries. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2019;56(1):150–158. DOI:10.1093/ejcts/ezz020

6. Byers JL, Rao JN, Socci L, Hopkinson DN, Tenconi S, Edwards JG. Costal margin injuries and trans-diaphragmatic intercostal hernia: Presentation, management and outcomes according to the Sheffield classification. *Journal of Trauma Acute Care Surgery*. 2023;95(6):839-845. DOI: 10.1097/TA.0000000000004068

7. Топольницкий ЕВ, Шефер НА, Марченко ЕС, Фомина ТИ, Михед РА, Цыденова АН, Гарин АС. Особенности интеграции двухслойного металлотирикажа из никелида титана при замещении торакоабдоминального дефекта в эксперименте. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)* 2023;8(2):244-253. [Topolnitskiy EB, Shefer NA, Marchenko ES, Fomina TI, Mikhed RA, Tsydenova AN, Garin AS. Features of the integration of two-layer metal knitwear from titanium nickelide in the replacement of a thoracoabdominal defect in the experiment. *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)* 2023;8(2):244-253. (In Russian)] DOI:10.29413/ABS.2023-8.2.24

### Сведения об авторах

Шефер Николай Анатольевич, к. м. н., ассистент кафедры хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф Сибирский государственный медицинский университет, адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт 2; врач-торакальный хирург Томская областная клиническая больница, адрес: Российская Федерация, 634069, г. Томск, ул. Ивана Черных, 96; тел.: +79138037623; e-mail: NAshefer@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0011-8370>

Топольницкий Евгений Богданович, д. м. н., доцент, профессор кафедры хирургии с курсом мобилизационной подготовки и медицины катастроф Сибирский государственный медицинский университет, адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, Московский тракт, 2; заведующий хирургическим торакальным отделением, Томская областная клиническая больница, адрес: Российская Федерация, 634069, г. Томск, ул. Ивана Черных, 96; ведущий научный сотрудник лаборатории сверхэластичных биоинтерфейсов Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». Адрес: Российская Федерация, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36; e-mail: e\_topolnitskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5674-0177>

Юнусов Асим Нурсаддинович, врач-хирург, хирургического торакального отделения «Томская областная клиническая больница» адрес: Российская Федерация, 634069, г. Томск, ул. Ивана Черных, 96; e-mail: Grodikovo\_777@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-5889-1789>;

Марченко Екатерина Сергеевна, доктор физ.-мат. наук, доцент, заведующий лабораторией сверхэластичных биоинтерфейсов, заведующий кафедрой прочности и проектирования Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». Адрес: 634050, Российская Федерация, г. Томск, пр. Ленина, 36; e-mail: 89138641814@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4615-5270>

### Author information

Nikolay A. Shefer, Cand.Med.Sci., assistant of the Department of surgery with a course of mobilization training and disaster medicine, Siberian State Medical University, Address: Moskovskiy tract 2, Tomsk, Russian Federation 634050; thoracic surgeon, Thoracic Surgery Department of Tomsk Regional Clinical Hospital, Address: 98, I. Chernykh st., Tomsk, Russian Federation 634069; Phone: +79138037623; e-mail: NAshefer@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0011-8370>

Evgeniy B. Topolnitskiy, Dr.Med.Sci., professor of the Department of surgery with a course of mobilization training and disaster medicine, Siberian State Medical University, Address: Moskovskiy tract 2, Tomsk, Russian Federation 634050; the head of Thoracic Surgery Department of Tomsk Regional Clinical Hospital, Address: 98, I. Chernykh st., Tomsk, Russian Federation 634069; Leading Researcher Laboratory of Superelastic Biointerfaces, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Tomsk State University. Address: Lenin Ave, 36, Tomsk, Russian Federation 634050; e-mail: e\_topolnitskiy@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5674-0177>

Asim N. Yunusov, thoracic surgeon, Thoracic Surgery Department of Tomsk Regional Clinical Hospital, Address: 98, I. Chernykh st., Tomsk, Russian Federation 634069; e-mail: Grodikovo\_777@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-5889-1789>

Ekaterina S. Marchenko, Ph. D., Head of the Laboratory of Superelastic Biointerfaces, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "National Research Tomsk State University. Address: Lenin Ave, 36, Tomsk, Russian Federation 634050, e-mail: marchenko84@vtomske.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4615-5270>

Дата поступления: 05.12.2023  
Дата рецензирования: 11.03.2024  
Принято к публикации: 26.03.2024

Received 05 December 2023  
Revision Received 11 March 2024  
Accepted 26 March 2024