

Заметки и наблюдения из практики

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2022

Савушкина О.И.^{1,2}, Фокин А.В.¹, Комолова Л.Ю.¹, Зайцев А.А.^{1,3}

РОЛЬ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ ПАРЕЗА ДИАФРАГМЫ

¹ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Минобороны России, 105094, Москва, Россия

²ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» Федерального медико-биологического агентства России, 115682, Москва, Россия

³Медицинский институт непрерывного образования ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 125080, Москва, Россия

В статье представлен клинический случай диагностики дисфункции диафрагмы, обусловленной поражением диафрагмального нерва, у пациента 35 лет после огнестрельного ранения грудной клетки. Лучевые методы исследования вкпе с электромиографией позволяют диагностировать процесс и его причину, тогда как функциональные методы исследования респираторной системы дают возможность уточнить влияние этого патологического состояния на систему органов дыхания. А именно, наблюдаются рестриктивный тип вентиляционных нарушений, обусловленный ограничением подвижности грудной клетки, а также газообменные нарушения вследствие гиповентиляции в базальных отделах легких. Данные изменения определяют тактику долгосрочного диспансерного наблюдения в подобного рода ситуациях, необходимость привлечения фармакотерапии и методов медицинской реабилитации. Полученные данные расширяют наше понимание проблемы и требуют создания алгоритмов обследования пациентов, получивших ранение грудной клетки, с учетом диагностики нарушений вентиляционной и диффузионной способности легких, а также диспансерного наблюдения и создания программ медицинской реабилитации.

Ключевые слова: дисфункция диафрагмы; поражение диафрагмального нерва; электромиография; легочные функциональные тесты.

Для цитирования: Савушкина О.И., Фокин А.В., Комолова Л.Ю., Зайцев А.А. Роль функциональных методов исследования в диагностике пареза диафрагмы. *Клиническая медицина*. 2022;100(6):310–313.

DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-6-310-313>

Для корреспонденции: Савушкина Ольга Игоревна — e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Savushkina O.I.^{1,2}, Fokin A.V.¹, Komolova L.U.¹, Zaytsev A.A.^{1,3}

THE ROLE OF FUNCTIONAL TESTS IN THE DIAGNOSIS OF PARESIS OF THE DIAPHRAGM

¹Main Military Clinical Hospital named after academician N.N. Burdenko of the Ministry of Defense of Russia, 105094, Moscow, Russia

²Pulmonology Scientific Research Institute under Federal Medical and Biological Agency of Russian Federation, 115682, Moscow, Russia

³Medical Institute of Continuing Education of the Moscow State University of Food Production, 125080, Moscow, Russia

The article presents a clinical case of diaphragm dysfunction caused by damage to the diaphragmatic nerve in a 35-year-old patient after a war wound to the chest. Imaging methods coupled with electromyography make it possible to diagnose this disease and its cause, while lung function tests make it possible to clarify pulmonary disorders due to diaphragm dysfunction. There is a restrictive type of ventilation disorders due to limited mobility of the chest in particular, as well as gas exchange disorders due to hypoventilation in the basal parts of the lungs in the patient under discussion. These changes determine the strategy of long-term clinical follow-up of such patients, the need to involve pharmacotherapy and rehabilitation programs. Given the urgency of this problem, the data obtained broaden our understanding of the problem and require the creation of algorithms for the examination of patients who have received a chest wound, taking into account ventilation and diffusion capacity abnormalities, the need for clinical follow-up and the creation of medical rehabilitation programs.

Key words: diaphragmatic dysfunction; diaphragmatic nerve damage; electromyography; lung function tests.

For citation: Savushkina O.I., Fokin A.V., Komolova L.U., Zaytsev A.A. The role of functional tests in the diagnosis of paresis of the diaphragm. *Klinicheskaya meditsina*. 2022;100(6):310–313. DOI: <http://dx.doi.org/10.30629/0023-2149-2022-100-6-310-313>

For correspondence: Olga I. Savushkina — e-mail: olga-savushkina@yandex.ru

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Received 18.04.2022

Диафрагма является основной респираторной мышцей, второй по значимости для функционирования организма после сердечной мышцы. Полная двусторонняя

релаксация диафрагмы может обуславливать фатальные нарушения для человека. Дисфункция диафрагмы (ДД) обуславливается заболеваниями, которые затрагивают

иннервацию диафрагмы, ее сократительную функцию, а также механическое прикрепление к грудной клетке. Как правило, ДД сопровождается одышкой, снижением толерантности к физическим нагрузкам, нарушением сна, сонливостью [1].

Клиническая диагностика патологии диафрагмы сложна вследствие отсутствия специфической симптоматики. Поэтому информация, получаемая с помощью современных инструментальных методов диагностики, играет ключевую роль в выявлении данной патологии [2]. Диагностика ДД включает визуализирующие методы, в том числе ультразвуковое исследование, легочные функциональные тесты и электромиографию диафрагмального нерва.

Тактика лечения ДД зависит от симптомов и вызвавшей ее причины и включает наблюдение за бессимптомными пациентами с односторонним повреждением диафрагмы, хирургическое лечение (пликация диафрагмы), установку диафрагмального пейсмекера, инвазивную или неинвазивную вентиляцию легких у симптомных пациентов с двусторонним повреждением диафрагмы [1].

В качестве примера приведем клиническое наблюдение пациента 35 лет, находившегося на стационарном лечении в ГВКГ им. Н.Н. Бурденко.

Из анамнеза известно, что 17.04.2021 г. пациент получил огнестрельное ранение груди, осколочное ранение левого коленного сустава. Диагноз согласно выписке из истории болезни: «пулевое слепое проникающее ранение груди слева с повреждением легочного ствола, грудного лимфатического протока, сквозным ранением верхней доли левого легкого и тампонадой сердца; огнестрельный перелом 2-го ребра слева со смещением костных отломков; множественное осколочное слепое ранение левого коленного сустава; острая массивная кровопотеря; травматический шок III степени; острая дыхательная не-

достаточность 3-й степени». После прохождения хирургического лечения (диагностическая торакоскопия с конверсией в билатеральную торакотомию, перикардиотомия, ушивание легочного ствола и грудного лимфатического протока, ревизия средостения, трахотомия, ушивание верхней доли левого легкого, дренирование плевральных полостей) был выписан в удовлетворительном состоянии. С целью динамического наблюдения с 14.04.2022 по 28.04.2022 пациент проходил стационарное обследование в хирургическом (торакальном) отделении.

На момент поступления жалоб не предъявлял. Согласно результатам лабораторных исследований значимых изменений не выявлено.

При компьютерной томографии органов грудной клетки (КТ ОГК) с внутривенным болюсным контрастированием были выявлены металлические осколки в грудных мышцах слева, в верхнем переднем и заднем средостении, в S6 правого легкого; в нижних долях легких — субсегментарные дисковидные гиповентиляционные ателектазы; релаксация левого купола диафрагмы.

С целью исследования функционального состояния респираторной системы были выполнены легочные функциональные тесты (спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест, исследована сила дыхательных мышц), а также проведена стимуляционная электромиография диафрагмальных нервов, результаты которых приведены в табл. 1, 2 и на рисунке.

Полученные данные легочных функциональных тестов позволили диагностировать нарушение вентиляционной функции легких по рестриктивному типу вследствие снижения общей емкости легких (полученное значение 6,44 л при нижней границе нормы 6,47 л), умеренную степень вентиляционных нарушений (объем форсированного выдоха за первую секунду 68%^{долж}), снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ = 76%^{долж}),

Таблица 1

Результаты спирометрии, бодиплетизмографии, диффузионного теста

Параметр	Должное, л	НГН, л	ВГН, л	Полученное, л	% ^{долж}
ЖЕЛ	5,59	4,67	6,52	4,27	76
ФЖЕЛ	5,35	4,34	6,35	4,27	80
ОФВ ₁	4,41	3,57	5,25	3,01	68
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	—	—	—	0,7	—
СОС ₂₅₋₇₅	4,76	3,05	6,48	2,02	42
ОЕЛ	7,62	6,47	8,77	6,44	84
ФОЕ	3,53	2,54	4,52	3,55	101
ООЛ	1,95	1,28	2,62	2,16	111
ООЛ/ОЕЛ	27,61	18,63	36,59	33,61	122
Raw _{общ} , кПа·с/л	—	—	0,3	0,21	—
DL _{CO}	36,14	29,21	43,07	26,95	75
VA	7,47	—	—	5,23	70

Примечание. ЖЕЛ — жизненная емкость легких; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду; СОС₂₅₋₇₅ — объемная скорость на кривой поток-объем форсированного выдоха между 25 и 75% выдохнутой ФЖЕЛ; ОЕЛ — общая емкость легких; ООЛ — остаточный объем легких; ФОЕ — функциональная остаточная емкость легких; Raw_{общ} — общее бронхиальное сопротивление; DL_{CO} — трансфер-фактор монооксида углерода, скорректированный на уровень гемоглобина; VA — альвеолярный объем; НГН — нижняя граница нормы; ВГН — верхняя граница нормы; %^{долж} — процент от должных значений, которые были рассчитаны по уравнениям Европейского сообщества стали и угля [3] с учетом пола, возраста и роста пациента.

Таблица 2

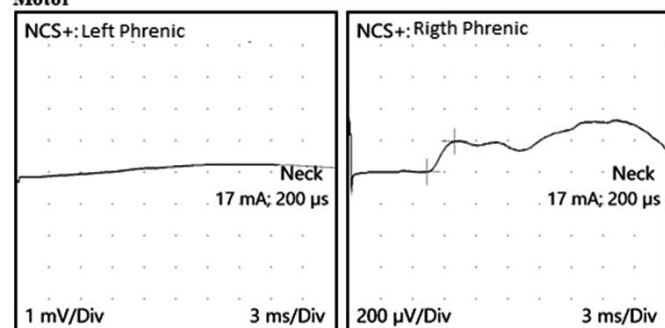
Результаты максимальных статических инспираторного и экспираторного ротового давлений

Параметр	Должное, кПа	НГН, кПа	ВГН, кПа	Полученное, кПа	% _{долж}
MIP	10,03	5,25	14,82	6,04	60,17
MEP	14,21	7,48	20,95	7,04	49,53

Примечание: MIP — максимальное инспираторное ротовое давление; MEP — максимальное экспираторное ротовое давление; НГН — нижняя граница нормы; ВГН — верхняя граница нормы; %_{долж} — процент от должных значений, которые для показателей MIP и MEP рассчитывали по уравнениям, рекомендованным Европейским респираторным обществом [4]. За норму принимали значения более 75%_{долж} [5].

NCS Waveforms:

Motor



Результаты стимуляционной электромиографии диафрагмальных нервов:

NCS — исследование проведения по нервам; Left Phrenic — левый диафрагмальный нерв; Righ Phrenic — правый диафрагмальный нерв; Neck — шея (точка стимуляции нерва по заднему краю грудинно-ключично-сосцевидной мышцы)

а также нарушение диффузионной способности легких ($DL_{CO} = 75\%_{\text{долж}}$). Кроме того, был рассчитан индекс неэффективности легочной вентиляции (индекс PCF — poorly communicating fraction) по формуле $(1 - VA/OEL) \times 100\%$ (где VA — альвеолярный объем, OEL — общая емкость легких), который составил 18,7% при норме до 15% [6]. Статические легочные объемы, такие как остаточный объем легких, его доля в общей емкости легких, функциональная остаточная емкость легких, а также показатели бронхиального сопротивления, сохранились в пределах нормальных значений.

При исследовании силы дыхательных мышц было выявлено снижение максимального инспираторного (MIP) и экспираторного (MEP) ротового давлений, значения которых составили 60,2 и 49,5%_{долж} соответственно, что дало основание диагностировать снижение силы инспираторной и экспираторной мускулатуры.

По данным стимуляционной электромиографии параметры латентности и амплитуды суммарного потенциала действия (М-ответ) правого диафрагмального нерва находились в пределах нормативных значений. Суммарный потенциал действия левого диафрагмального нерва отсутствовал, что указывало на электрофизиологические признаки его грубого аксонального поражения.

По поводу кисты правой доли печени было выполнено ультразвуковое исследование печени: размеры кисты 32 × 28 мм, без значимой динамики. Антитела к эхинококку обнаружены не были, что дало основание исключить паразитарный генез кисты.

По данным фиброгастродуоденоскопии признаков повреждения пищевода и его компрессии инородным телом установлено не было.

По данным фибробронхоскопии патологии не выявлено.

При проведении электрокардиографии регистрировался синусовый ритм, нормосистолия.

По данным эхокардиографии были установлены аортальная регургитация 1-й степени, признаки констриктивного перикардита.

На основании проведенных обследований пациент был выписан с диагнозом: «инородные тела (2) задне-верхнего средостения и корня правого легкого после сочетанного огнестрельного проникающего слепого ранения груди, левой нижней конечности». Осложнения: повреждение левого диафрагмального нерва, адгезивный перикардит. Сопутствующие заболевания: киста правой доли печени.

Таким образом, описанный клинический случай наглядно демонстрирует, что ранения грудной клетки могут приводить к таким серьезным осложнениям, как дисфункция (парез) диафрагмы. Результаты КТ ОГК позволили выявить ДД, а именно релаксацию ее левого купола, тогда как электромиография — установить ее причину, а именно повреждение диафрагмального нерва (с учетом анамнеза и операции на грудной клетке). В свою очередь, с помощью функциональных методов исследования системы дыхания была дана количественная оценка последствий данного осложнения. Так, была установлена умеренная степень вентиляционных нарушений, определен их характер, а именно рестриктивный тип, обусловленный ограничением подвижности грудной клетки вследствие слабости дыхательной мускулатуры. Кроме того, у пациента были выявлены газообменные нарушения в легких, вероятнее всего, вследствие наличия гиповентиляционных ателектазов в нижних долях по данным КТ ОГК. В дополнение к выявленным патологическим отклонениям функциональных показателей системы дыхания одновременное проведение бодиплетизмографии и диффузионного теста позволило рассчитать индекс PCF, который является более чувствительным предиктором значительного снижения толерантности к физическим нагрузкам, чем традиционные функциональные индексы, включая объем форсированного выдоха за первую секунду [6].

При наблюдении в динамике данного пациента необходимо прежде всего обращать внимание на изменения таких параметров, как ЖЕЛ, ОФВ₁, ОЕЛ, DL_{CO} и VA,

с целью определения прогноза заболевания и его осложнений. Таким образом, спирометрическое исследование, бодиплетизмография и диффузионный тест должны быть обязательно включены в план обследования пациентов, получивших ранение грудной клетки. Данные изменения влияют на тактику долгосрочного диспансерного наблюдения в подобного рода ситуациях, необходимость привлечения фармакотерапии и применения различных методов медицинской реабилитации.

В настоящее время актуальность данной темы не вызывает сомнений. Полученные на клиническом примере результаты указывают на необходимость создания алгоритмов обследования пациентов, получивших ранение грудной клетки, с учетом диагностики нарушений вентилиционной и диффузионной способности легких, диспансерного наблюдения и создания программ медицинской реабилитации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Благодарность: выражаем благодарность инженеру ЗАО «Медицинские системы» Заитову Марату Ринатовичу за техническую поддержку; генеральному директору ООО «Брянко» Брянчанинову Игорю Александровичу за предоставление нейрофизиологического оборудования экспертного класса; инженеру ООО «Брянко» Андрееву Михаилу Александровичу на техническую поддержку.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Ricoy J., Rodríguez-Núñez N., Álvarez-Dobano J.M., Toubes M.E., Riveiro V., Valdés L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonol.* 2019;25(4):223–235. DOI [j.pulmo.2018.10.008](https://doi.org/10.1008)
2. Заболевания и повреждения диафрагмы: учебно-методическое пособие. А.А. Татур. Минск, БГМУ, 2018:70. [Zabolevanija i povrezhdenija diafragmy: uchebno-metodicheskoe posobie. A.A. Tatur. Minsk, BGMU, 2018:70. (In Russian)].
3. Quanjer P.H., Tammeling G.J., Cotes J.E., Pedersen O.F., Peslin R., Yernault J.C. Lung volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur. Respir. J.* 1993;6(16):5–40. PMID: 8499054
4. Laveneziana P., Albuquerque A., Babb A.A.T., Barreiro E., Dres M., Dubé B.-P., Fauroux B., Gea J. et al. ERS statement on respiratory muscle testing at rest and during exercise. *Eur. Respir. J.* 2019;53(6):1801214. DOI [10.1183/13993003.01214-2018](https://doi.org/10.1183/13993003.01214-2018)
5. Evans J.A., Whitelaw W. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir. Care.* 2009;54(10):1348–1359.
6. Neder A., O'Donnell C.D.J., Cory J., Langer D., Ciavaglia C.E., Ling Y., Webb K.A., O'Donnell D.E. Ventilation Distribution Heterogeneity at Rest as a Marker of Exercise Impairment in Mild-to-Advanced COPD. *COPD.* 2015;12:249–256. DOI [10.3109/15412555.2014.948997](https://doi.org/10.3109/15412555.2014.948997)

Поступила 18.04.2022

Информация об авторах/Information about the authors

Савушкина Ольга Игоревна (Savushkina Olga I.) — канд. биол. наук, заведующая отделением исследований функции внешнего дыхания Центра функционально-диагностических исследований ГВКГ им. академика Н.Н. Бурденко Минобороны России, старший научный сотрудник лаборатории функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России, <https://orcid.org/0000-0002-7486-4990>

Фокин Александр Васильевич (Fokin Alexander V.) — старший ординатор отделения торакальной хирургии ГВКГ им. академика Н.Н. Бурденко Минобороны России

Комолова Людмила Юрьевна (Komolova Lyudmila U.) — заведующая кабинетом интраоперационного нейрофизиологического мониторинга нейрохирургического центра ГВКГ им. академика Н.Н. Бурденко Минобороны России

Зайцев Андрей Алексеевич (Zaytsev Andrey A.) — д-р мед. наук, профессор, главный пульмонолог ГВКГ им. академика Н.Н. Бурденко Минобороны России, заведующий кафедрой пульмонологии (с курсом аллергологии) Медицинского института непрерывного образования МГУПП, <https://orcid.org/0000-0002-0934-7313>