

# Функциональные нарушения системы дыхания у пациентов с проникающими ранениями легких: дизайн проспективного исследования

О.И. Савушкина<sup>1,2</sup>, А.А. Зайцев<sup>✉1,3</sup>, М.М. Малашенко<sup>1</sup>, Н.А. Асеева<sup>1</sup>, П.А. Астанин<sup>4</sup>, Д.В. Давыдов<sup>1</sup>, Е.В. Крюков<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ФГБУ «Научно-исследовательский институт пульмонологии» ФМБА России, Москва, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», Москва, Россия;

<sup>4</sup>ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, Россия;

<sup>5</sup>ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России, Санкт-Петербург, Россия

## Аннотация

**Обоснование.** Пациентам с проникающими ранениями легких необходимо, в том числе, проводить функциональные исследования системы дыхания для выявления возможных патофизиологических процессов в бронхолегочной системе, полученные данные нужно учитывать при коррекции медикаментозного лечения и назначении индивидуальных программ медицинской реабилитации.

**Цель исследования.** Изучить влияние проникающих ранений легких на функциональное состояние системы дыхания в ранний период выздоровления.

**Материалы и методы.** В исследование включены 13 пациентов с диагнозом «проникающее ранение груди», 100% мужчины, медианный возраст – 26 [21; 31] лет. Пациентам были выполнены спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест (в среднем на 14-й день от момента получения повреждения).

**Результаты.** Проведено проспективное поперечное исследование. Установлено умеренное снижение жизненной емкости легких, форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ<sub>1</sub>) при сохранении общей емкости легких (ОЕЛ<sub>тн</sub>) и отношения ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ в пределах нормальных значений. Однако у 2 (15,4%) и 3 (23%) пациентов был выявлен рестриктивный тип вентиляционных нарушений (ОЕЛ ниже нижней границы нормы) при использовании системы должных значений Global Lung Function Initiative (GLI) и European Community for Steel and Coal (ECSC) 1993 соответственно. Остаточный объем легких и его доля в общей емкости легких были увеличены. Функциональная остаточная емкость легких, отношение ФОЕ<sub>тн</sub>/ОЕЛ<sub>тн</sub>, бронхиальное сопротивление сохранились в пределах нормальных значений. Нарушение диффузионной способности легких в системе ECSC 1993 составило 92,3%, в системе GLI – 61,5%.

**Заключение.** В ранний период выздоровления после проникающих ранений легких чаще всего встречался неспецифический паттерн вентиляционных нарушений: снижение жизненной емкости легких при сохранении ОЕЛ<sub>тн</sub> и индекса Тиффно в пределах нормальных значений. Реже диагностировали классический рестриктивный паттерн вентиляционных нарушений. Кроме того, было выявлено нарушение диффузионной способности легких. Используемая для интерпретации данных легочных функциональных тестов система должных значений оказывает существенное влияние на частоту обнаружения функциональных нарушений. Установленные функциональные нарушения необходимо учитывать при коррекции медикаментозной терапии и составлении индивидуальных программ медицинской реабилитации пациентов с последствиями проникающих ранений органов дыхания.

**Ключевые слова:** ранения груди, легочные функциональные тесты, система должных значений Global Lung Function Initiative, система должных значений Community for Steel and Coal

**Для цитирования:** Савушкина О.И., Зайцев А.А., Малашенко М.М., Асеева Н.А., Астанин П.А., Давыдов Д.В., Крюков Е.В. Функциональные нарушения системы дыхания у пациентов с проникающими ранениями легких: дизайн проспективного исследования. Consilium Medicum. 2022;24(3):199–204. DOI: 10.26442/20751753.2022.3.201527

## Информация об авторах / Information about the authors

**✉ Зайцев Андрей Алексеевич** – д-р мед. наук, проф., засл. врач РФ, гл. пульмонолог ФГБУ «ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко», зав. каф. пульмонологии (с курсом аллергологии) МИНО ФГБОУ ВО МГУПП. E-mail: a-zaicev@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-0934-7313

**Савушкина Ольга Игоревна** – канд. биол. наук, зав. отд-нием исследований функции внешнего дыхания центра функционально-диагностических исследований ФГБУ «ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко», ст. науч. сотр. лаб. функциональных и ультразвуковых методов исследования ФГБУ «НИИ пульмонологии». E-mail: olga-savushkina@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-7486-4990

**Малашенко Мария Михайловна** – канд. мед. наук, зав. отд-нием физиотерапии ФГБУ «ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко». E-mail: mar-malashenko@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1648-798X

**Асеева Наталия Александровна** – врач отд-ния исследований функции внешнего дыхания центра функционально-диагностических исследований ФГБУ «ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко». E-mail: aweesa@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-3882-8132

**Астанин Павел Андреевич** – ассистент ФГАОУ ВО «РНИМУ им. Н.И. Пирогова». E-mail: med\_cyber@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1854-8686

**Давыдов Денис Владимирович** – д-р мед. наук, проф., нач. госпиталя ФГБУ «ГВКГ им. акад. Н.Н. Бурденко». E-mail: dvdavydov@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-5449-9394

**Крюков Евгений Владимирович** – чл.-кор. РАН, д-р мед. наук, проф., нач. ФГБВОУ ВО «ВМА им. С.М. Кирова». E-mail: evgeniy.md@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8396-1936

**✉ Andrey A. Zaytsev** – D. Sci. (Med.), Prof., Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow State University of Food Production. E-mail: a-zaicev@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-0934-7313

**Olga I. Savushkina** – Cand. Sci. (Biol.), Burdenko Main Military Clinical Hospital, Pulmonology Scientific Research Institute. E-mail: olga-savushkina@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-7486-4990

**Maria M. Malashenko** – Cand. Sci. (Med.), Burdenko Main Military Clinical Hospital. E-mail: mar-malashenko@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-1648-798X

**Nataliya A. Aseeva** – doctor, Burdenko Main Military Clinical Hospital. E-mail: aweesa@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-3882-8132

**Pavel A. Astanin** – Assistant, Pirogov Russian National Research Medical University. E-mail: med\_cyber@mail.ru; ORCID: 0000-0002-1854-8686

**Denis V. Davydov** – D. Sci. (Med.), Prof., Burdenko Main Military Clinical Hospital. E-mail: dvdavydov@yandex.ru; ORCID: 0000-0001-5449-9394

**Evgeniy V. Kryukov** – D. Sci. (Med.), Prof., Corr. Memb. RAS, Kirov Military Medical Academy. E-mail: evgeniy.md@mail.ru; ORCID: 0000-0002-8396-1936

# Functional disorders of the respiratory system in patients with penetrating lung wounds: study prospective design

Olga I. Savushkina<sup>1,2</sup>, Andrey A. Zaytsev<sup>1,3</sup>, Maria M. Malashenko<sup>1</sup>, Nataliya A. Aseeva<sup>1</sup>, Pavel A. Astanin<sup>4</sup>, Denis V. Davydov<sup>1</sup>, Evgeniy V. Kryukov<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Burdenko Main Military Clinical Hospital, Moscow, Russia;

<sup>2</sup>Pulmonology Scientific Research Institute, Moscow, Russia;

<sup>3</sup>Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia;

<sup>4</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;

<sup>5</sup>Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

## Abstract

**Background.** Lung function tests should be performed to patients with penetrating wounds of the lungs to identify lung function disorders, and the data obtained should be taken into account when correcting medical treatment and prescribing individual medical rehabilitation programs.

**The aim** was to study the impact of penetrating lung wounds on the lung function in the early recovery period.

**Materials and methods.** 13 patients were enrolled in the study, 100% male, median age 26 [21; 31] years. Spirometry, body plethysmography, and a diffusion test were performed on an average of 14 days from the injury.

**Results.** A prospective cross-sectional study was performed. A moderate decrease in the vital capacity (VC), the forced vital capacity (FVC), the volume of forced exhalation in the first second (FEV<sub>1</sub>) was revealed while the total lung capacity (TLC<sub>pl</sub>) and the FEV<sub>1</sub>/FVC ratio were within normal values. However, in 2 (15.4%) and 3 (23%) patients, a restrictive ventilation disorders (TLC < lower limit of normal) was detected when using Global Lung Function Initiative (GLI) and European Community for Steel and Coal (ECSC) 1993 predicted value system, respectively. The residual lung (RV) and RV/TLC<sub>pl</sub> were increased. Functional residual capacity (FRC), FRC<sub>pl</sub>/TLC<sub>pl</sub>, airway resistance remained within normal values. The diffusion lung capacity impairment was detected in 92.3% and 61.5% cases according to the ECSC 1993 and the GLI system, respectively.

**Conclusion.** In the early period of recovery after penetrating lung wounds, a nonspecific pattern of ventilation disorders was the most often abnormality namely a decrease in VC while TLC and FEV<sub>1</sub>/FVC were within normal values. Less frequently, the classic restrictive pattern of ventilation disorders was diagnosed. Besides, the diffusion lung capacity impairment was detected. The system of predicted values has a significant impact on the frequency of detection of the lung function disorders. The revealed functional disorders should be taken into account for adjusting medical and rehabilitation interventions.

**Keywords:** chest injuries, pulmonary functional tests, Global Lung Function Initiative predicted values system, European Community for Steel and Coal predicted values system

**For citation:** Savushkina OI, Zaytsev AA, Malashenko MM, Aseeva NA, Astanin PA, Davydov DV, Kryukov EV. Functional disorders of the respiratory system in patients with penetrating lung wounds: study prospective design. *Consilium Medicum*. 2022;24(3):199–204. DOI: 10.26442/20751753.2022.3.201527

## Обоснование

Травма грудной клетки – один из наиболее частых видов повреждений и ведущая причина смертельных исходов раненых и пострадавших как в мирное время, так и в условиях военных конфликтов [1]. Частота повреждений легких при ранениях груди составляет 75–80%. При этом ведущими являются нарушения функции системы дыхания и кровообращения. Нарушение газообменной функции легких требует значительных усилий по респираторной поддержке, впоследствии, можно предположить, нередко возникают длительные проблемы, связанные с функциональными нарушениями дыхания. Впрочем, до настоящего времени подобного рода данных в литературе найдено крайне мало, что и послужило триггером для проведения данной работы.

В большинстве случаев (до 90%) при проникающих ранениях груди повреждается плотно прилегающее к париетальной плевре легкое, что сопровождается одновременно внутренним кровотечением (гемотораксом) и пневмотораксом. При обширных повреждениях и разможжениях легочной паренхимы в 50–60% случаев развивается острый респираторный дистресс-синдром. Летальность в данном случае составляет 10–40%. Среди звеньев патогенеза – имбиция альвеол кровью, отек вследствие резкого нарастания внутригрудного давления, разрывы межальвеолярных перегородок с образованием кист и прочее, что ведет к нарушению газообменной функции легких и, вероятно, сопровождается развитием в дальнейшем ряда функциональных нарушений респираторной системы. Из осложнений у 25–30% пострадавших развиваются бактериальные осложнения (пневмония), также помимо описанных полостей/кист возможно формирование пневмофибротических изменений.

Наиболее распространенным методом обследования при ранениях груди остается рентгенологический, однако возможности рентгенографии в диагностике ранений лег-

кого невелики. Рентгенологическое исследование органов грудной клетки является лишь ориентирующим методом, не позволяющим достоверно судить о травме легкого, внутрилегочных гематомах и ателектазах, которые часто вообще не распознаются на фоне гемоторакса. Улучшить диагностику ранений легкого и снизить частоту посттравматических и послеоперационных осложнений позволило внедрение в практику видеоторакографии [2].

В обязательном порядке в программу обследования данной категории пациентов включена компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК), по данным которой выявляют признаки повреждения бронхолегочной системы: переломы ребер, грудины, изменения со стороны паренхимы легких, наличие гемо- и пневмоторакса, эмфиземы мягких тканей грудной клетки, абсцессов, ателектазов.

Однако для уточнения влияния обнаруженных изменений на функциональное состояние системы дыхания с целью коррекции медикаментозного лечения и назначения индивидуальных программ медицинской реабилитации пациентам с проникающими ранениями легких в ранний период выздоровления целесообразно выполнять легочные функциональные тесты. Это позволит диагностировать проблемы, которые возникают в отдаленном периоде, и спланировать проведение какой-либо медикаментозной коррекции – применение ингаляционных либо системных глюкокортикостероидов, бронхолитической терапии, средств с антиоксидантной активностью (N-ацетилцистеин, эрдостеин).

**Цель исследования** – изучить влияние проникающих ранений легких на функциональное состояние системы дыхания в ранний период выздоровления.

## Материалы и методы

Проведено проспективное поперечное исследование, в которое были включены 13 пациентов с диагнозом «слепое/

сквозное огнестрельное пулевое/осколочное проникающее ранение груди». У 10 (77%) пациентов было поражено одно, у 3 (23%) – оба легких. У 8 (62%) человек повреждение легких сопровождалось осколчатыми переломами ребер, у 1 из них, кроме того, переломом грудины, у 13 (100%) – гемотораксом, у 10 (77%) – пневмотораксом, у 5 (38%) – подкожной эмфиземой мягких тканей. По КТ ОГК у 10 (77%) пациентов был диагностирован ушиб легкого (посттравматический пневмонит), у 3 (23%) – ателектазы. Срок давности получения повреждения на момент функционального исследования системы дыхания варьировал от 6 до 21 (14 [12; 17]) дня.

Все пациенты проходили обследование и лечение в ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко». Комплексное лечение включало необходимую медикаментозную терапию (при наличии показаний – ингаляционные и системные глюкокортикостероиды, бронхолитическая терапия, антибактериальная терапия в случае присоединения бактериальной инфекции, антикоагулянты) и индивидуальную программу медицинской реабилитации (дыхательную гимнастику, массаж, физиотерапевтическое лечение).

С учетом возможного формирования вентиляционных и газообменных нарушений всем пациентам было выполнено комплексное функциональное исследование системы дыхания: спирометрия, бодиплетизмография, диффузионный тест. Все пациенты подписали информированное согласие на проведение исследований. Форсированные дыхательные маневры производились с большой осторожностью и с учетом относительных противопоказаний для их выполнения, а именно пневмоторакса в анамнезе, операции на грудной клетке менее 4 нед назад и наличия болевого синдрома [3].

Исследования проводили на оборудовании Master Screen Body/Diff (Viasys Healthcare Erich Jager, Германия) с соблюдением международных и российских стандартов качества [3–6]. Диффузионную способность легких оценивали по монооксиду углерода методом однократного вдоха с задержкой дыхания и коррекцией полученных данных по уровню гемоглобина. Были проанализированы следующие параметры:

- форсированная спирометрия – форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ<sub>1</sub>), ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ, объемная скорость на кривой поток–объем форсированного выдоха между 25 и 75% выдохнутой ФЖЕЛ (СОС<sub>25–75</sub>);
- бодиплетизмография – спокойная жизненная емкость легких (ЖЕЛ), общая емкость легких (ОЕЛ<sub>пл.</sub>), остаточный объем легких (ООЛ) и его отношение к ОЕЛ (ООЛ/ОЕЛ<sub>пл.</sub>), функциональная остаточная емкость легких (ФОЕ<sub>пл.</sub>), ее отношение к ОЕЛ (ФОЕ<sub>пл.</sub>/ОЕЛ<sub>пл.</sub>), емкость вдоха (Е<sub>вд.</sub>), резервный объем выдоха (РО<sub>вд.</sub>), общее бронхиальное сопротивление (Raw<sub>общ.</sub>);
- диффузионный тест – трансфер-фактор по оксиду углерода (DLCO), скорректированный по уровню гемоглобина, альвеолярный объем (VA), разница между ОЕЛ, измеренной методом бодиплетизмографии, и ОЕЛ, измеренной по разведению инертного газа (ОЕЛ<sub>диф.</sub>), а именно:

$$\Delta \text{ОЕЛ} = \text{ОЕЛ}_{\text{пл.}} - \text{ОЕЛ}_{\text{диф.}}$$

При анализе показателей, полученных в результате комплексного функционального исследования системы дыхания, были использованы должные значения Европейского сообщества стали и угля (European Community for Steel and Coal, ECSC) 1993 г. [7] и Европейского респираторного общества по стандартизации легочных функциональных тестов (Global Lung Function Initiative, GLI) [8–10]. Результаты выражали в процентах от должного значения:

$$\text{Полученное значение} / \text{должное значение} \times 100\%$$

Таблица 1. Характеристика исследуемой группы

Параметр	n=13
Пол (мужской/женский), n (%)	13 (100,0%)/0 (0,0%)
Возраст, лет	26 [21; 31]
Рост, см	174 [166; 177]
Масса тела, кг	68 [61; 72]
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	22 [21; 24]
Примечание. Здесь и в табл. 2 данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Ме [Q1; Q3]) или n (%) – числа пациентов (доля, %).	

Для легочных объемов за нижнюю границу нормы (НГН) принимали либо фиксированное значение, равное 80% от должного, либо НГН, которую рассчитывали по формуле:

$$\text{НГН} = \text{должное значение} - 1,645 \times \sigma,$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение от среднего.

Верхнюю границы нормы (ВГН) рассчитывали по формуле:

$$\text{ВГН} = \text{должное значение} + 1,645 \times \sigma$$

Интерпретацию функциональных показателей внешнего дыхания осуществляли с учетом отечественных и международных рекомендаций [3, 7].

Статистическую обработку данных проводили с применением программно-прикладного пакета SPSS 23 (США). Для описания количественных данных рассчитывали медиану и интерквартильный размах (Ме [Q1; Q3]). Оценку различий между количественными показателями производили с использованием непараметрического критерия Уилкоксона. Для оценки различий между качественными показателями осуществляли построение таблиц сопряженности и их последующий анализ с использованием точного критерия Фишера. Статистически значимыми считали результаты при  $p < 0,05$ .

Соответствие принципам этики. Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской конвенции.

## Результаты

Результаты исследования приведены в табл. 1 и 2.

Анализ данных в табл. 1 и 2 показал, что из всех обследованных пациентов 100% были мужчины, медианный возраст которых составил 26 [21; 31] лет. При статистическом анализе в обследованной группе было выявлено умеренное снижение величины параметров спирометрии: ЖЕЛ, как за счет  $E_{\text{вд.}}$ , так и за счет  $PO_{\text{вд.}}$ , ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub>, причем ФЖЕЛ и ОФВ<sub>1</sub> различались значимо ( $p=0,001$  и  $p=0,013$  соответственно) при использовании разных систем должных значений. При использовании для оценки указанных параметров системы должных значений GLI медианные значения в группе были ниже. Отношение ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ и параметр СОС<sub>25–75</sub> сохранялись в пределах нормальных значений, за исключением снижения ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ < НГН в 2 и 1 случае при использовании системы должных значений GLI и ECSC 1993 соответственно, что дало основание диагностировать обструктивный тип вентиляционных нарушений.

При анализе параметров бодиплетизмографии в обследованной группе параметр ОЕЛ сохранялся в пределах нормальных значений, однако статистически значимо различался при использовании разных систем должных значений ( $p=0,003$ ). Медиана показателя по группе оказалась выше при использовании системы должных значений GLI. При этом у 2 (15,4%) и 3 (23%) пациентов был установлен рестриктивный тип вентиляционных нарушений (ОЕЛ < НГН) при использовании системы должных значений GLI и ECSC 1993 соответственно. Параметры ФОЕ<sub>пл.</sub> и ФОЕ<sub>пл.</sub>/ОЕЛ<sub>пл.</sub> в целом по группе находились в пределах нормальных значений, однако ФОЕ<sub>пл.</sub> статистически значимо ( $p=0,007$ ) различался при использовании разных систем должных значений (медианное значение было выше

Таблица 2. Параметры легочных функциональных тестов

Параметр	GLI	ECSC 1993	p
ЖЕЛ, % от должного	68,0 [54,0; 74,4]	67,0 [52,5; 77,9]	0,964
ЖЕЛ<НГН, n (%)	12 (92,3)	11 (84,6)	0,610
ФЖЕЛ, % от должного	66,0 [54,0; 76,5]	70,0 [56,0; 80,2]	0,001
ОФВ <sub>1</sub> , % от должного	68,5 [53,5; 75,5]	70,9 [56,0; 78,0]	0,013
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ, %	86,5 [76,7; 91,7]		–
ОФВ <sub>1</sub> /ФЖЕЛ<НГН, n (%)	2 (15,4)	1 (7,7)	0,610
СОС <sub>25-75</sub> , % от должного	69,0 [52,0; 89,5]	63,0 [47,9; 88,0]	0,002
ОЕЛ <sub>пл</sub> , % от должного	89,0 [82,5; 93,5]	84,0 [79,5; 93,0]	0,003
ОЕЛ <sub>пл</sub> <НГН, n (%)	2 (15,4)	3 (23,1)	0,661
ФОЕ <sub>пл</sub> , % от должного	117,0 [108,0; 126,5]	108,0 [98,0; 120,5]	0,007
ФОЕ <sub>пл</sub> /ОЕЛ <sub>пл</sub> , % от должного	122,7 [114,1; 139,5]	122,0 [97,5; 139,5]	0,180
ФОЕ <sub>пл</sub> /ОЕЛ <sub>пл</sub> >ВГН, n (%)	8 (61,5)		–
ООЛ, % от должного	172,0 [139,0; 200,0]	143,0 [114,5; 173,0]	0,001
ООЛ>ВГН, n (%)	6 (46,2)	7 (53,8)	0,717
ООЛ/ОЕЛ <sub>пл</sub> , % от должного	189,3 [171,1; 231,5]	155,3 [146,0; 203,5]	0,001
ООЛ/ОЕЛ <sub>пл</sub> >ВГН, n (%)	12 (92,3)	11 (84,6)	0,610
Р <sub>о</sub> в <sub>д</sub> , % от должного	76,0 [62,4; 84,1]	75,0 [62,8; 88,1]	0,833
Е <sub>вд</sub> , % от должного	65,0 [47,0; 74,0]	61,0 [42,5; 77,9]	0,248
Raw <sub>о</sub> в <sub>д</sub> , кПа·сек/л	0,20 [0,16; 0,23]		–
DLCO, % от должного	74,0 [65,0; 83,5]	67,0 [59,5; 76,0]	0,001
DLCO<НГН, n (%)	8 (61,5)	12 (92,3)	0,088
VA, % от должного	83,2 [74,0; 84,0]	77,0 [67,5; 78,9]	0,001
VA<80% от должного, n (%)	4 (30,8)	11 (84,6)	0,008
ΔОЕЛ, л	0,53 [0,24; 0,80]		–
ΔОЕЛ>0,5 л, n (%)	7 (53,8)		–

при применении системы должных значений GLI). Вместе с тем в 61,5% случаев отношение ФОЕ<sub>пл</sub>/ОЕЛ<sub>пл</sub> было увеличено (ФОЕ<sub>пл</sub>/ОЕЛ<sub>пл</sub>>ВГН). Медианные значения показателей ООЛ и ООЛ/ОЕЛ<sub>пл</sub> были увеличены (выше ВГН) и также статистически значимо различались ( $p=0,001$  и  $p=0,001$  соответственно) при использовании разных систем должных значений (были выше при использовании системы должных значений GLI). Показатели бронхиального сопротивления сохранялись в пределах нормальных значений.

Анализ параметров диффузионного теста показал, что в целом в обследованной группе пациентов показатель DLCO был снижен в легкой степени. Отмечены статистически значимые ( $p=0,001$ ) различия при использовании разных систем должных значений: по системе GLI медиана показателя была выше. Кроме того, установлена статистически не значимая тенденция к увеличению частоты выявления нарушения диффузионной способности легких по системе ECSC 1993 (92,3%) в сравнении с системой должных значений GLI (61,5%). В целом по группе значение параметра VA также статистически значимо различалось ( $p=0,001$ ): сохранялось в пределах нормальных значений и было снижено (VA<80% от должного) при использовании системы должных значений GLI и ECSC 1993 соответственно. Необходимо обратить внимание на то, что, поскольку значения НГН для параметра VA в системе должных значений ECSC 1993 разработано не было, при оценке результатов исследования в данном случае мы ориентировались на фиксированное значение НГН, равное 80% от должного. С учетом этого подхода частота снижения VA была равна 30,7 и 84,6% при использовании системы должных значений GLI и ECSC 1993 соответственно ( $p=0,008$ ). Параметр ΔОЕЛ в обследованной группе был увеличен (превышал 0,5 л) у 7 (53,8%) пациентов.

## Обсуждение

Анализ данных литературы показал, что существуют только единичные работы, в которых приведены данные

функциональных исследований системы дыхания у пациентов, получивших повреждения груди. Так, M. Leone и соавт. [11] изучили, в том числе, показатели легочных функциональных тестов у 105 пациентов, 43 (78%) из которых – мужчины (средний возраст – 35 лет), через 6 мес после выписки из отделения интенсивной терапии, где они получали лечение по поводу закрытых повреждений грудной клетки, обусловленных в 80% случаев дорожно-транспортными происшествиями, в 16% случаев – падениями, в 4% – нападениями. При анализе ФЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ, ОЕЛ, ООЛ/ОЕЛ и DLCO у 71% пациентов через 6 мес после выписки из стационара были выявлены патологические отклонения хотя бы одного из приведенных функциональных показателей. По данным КТ ОГК, изменения были обнаружены у 60% пациентов: у 56% – консолидация ребер, у 45% – участки «матового стекла», у 7% – ретикулярный паттерн, у 4% – утолщение плевры.

S. Hughes и соавт. [12] изучили долгосрочные последствия травм грудной клетки у военнослужащих, принимавших участие в боевых операциях. Показатели легочных функциональных тестов были ретроспективно проанализированы в период от нескольких месяцев до 10 лет у 277 пациентов (273 мужчины, средний возраст – 29,59 года), выживших после травм грудной клетки, среди которых 82 случая – это закрытые травмы, 148 – проникающие ранения грудной клетки, 42 – ожоговые травмы, у 5 пациентов полученные повреждения грудной клетки не были отнесены ни к одной из перечисленных категорий. В контрольную группу были включены 900 военнослужащих, не принимавших участия в боевых действиях. Анализ показателей легочных функциональных тестов показал, что у 31,8% пациентов имела место обструкция дыхательных путей, у 24,6% – рестриктивный паттерн вентиляционных нарушений, что было статистически значимо выше по сравнению с контрольной группой.

Настоящее исследование было выполнено в ранний период выздоровления – в среднем на 14-й день после получения проникающего ранения легких. Результаты показав-

ли, что наиболее частым функциональным нарушением системы дыхания у пациентов с проникающими ранениями грудной клетки при использовании системы должных значений ECSC 1993 было снижение ЖЕЛ (84,6% случаев), которое в 23% случаев сопровождалось снижением ОЕЛ, что давало основание диагностировать рестриктивный тип вентиляционных нарушений. Принимая во внимание тот факт, что у 62% обследованных нами пациентов повреждения груди сопровождались переломами ребер, можно с уверенностью судить о том, что основной вклад в рестрикцию вносит ограничение растяжимости грудной клетки вследствие болевого синдрома. Следовательно, гиповентиляция была обусловлена прежде всего внелегочными причинами.

Снижение  $ОФВ_1$ , вероятнее всего, было вызвано неспособностью пациентов выполнять форсированные дыхательные маневры в полную силу, поэтому для объективной оценки вентиляционной способности легких мы рекомендовали проведение форсированной спирометрии в динамике после купирования болевого синдрома.

Увеличение ООЛ, его доли в  $ОЕЛ_{пл}$ , доли ФОЕ в  $ОЕЛ_{пл}$  было обусловлено, с одной стороны, задержкой воздуха в легких вследствие гиповентиляции из-за болевого синдрома и перераспределением структуры ОЕЛ. С другой стороны, по данным КТ ОГК у пациентов были обнаружены воздушные полости в легких, такие как раневые каналы, ателектазы, а также подкожная эмфизема мягких тканей грудной клетки, что также вносит вклад в увеличение объема невентилируемого пространства. Об объеме невентилируемого пространства можно судить по величине параметра  $\Delta ОЕЛ$ , который в норме не превышает 500 мл [13]. У обследованных нами пациентов величина невентилируемого объема была выше нормы у 7 (53,8%) человек.

Кроме того, нами было изучено влияние ранений легких на их газотранспортную функцию, тогда как аналогичных данных в доступной нам литературе найдено не было. Так, при использовании системы должных значений ECSC 1993 параметр DLCO был снижен в 92%, VA – в 84,6% случаев. Таким образом, одной из причин нарушения газообмена в легких у обследованных нами пациентов является уменьшение альвеолярного объема как следствие ограничения вентиляции, что приводит к несоответствию вентиляции кровотоку и, следовательно, к ухудшению транспорта газов через альвеоларно-капиллярную мембрану.

С другой стороны, любая травма груди, будь то закрытая травма или проникающее ранение, обуславливает контузионное повреждение легких, которое сопровождается повреждением альвеол и капилляров, кровотечением и имbibацией кровью альвеол, скоплением жидкости в альвеолярном пространстве, отеком альвеол, разрушением сурфактанта, ателектазами, что затрудняет транспорт газов через альвеоларно-капиллярную мембрану. Также происходит рефлекторный спазм сосудов легких, ухудшающий перфузию, что тоже вносит вклад в нарушение газообмена в легких и, следовательно, развитие гипоксемии и гиперкапнии [14].

При использовании системы должных значений GFI в сравнении с ECSC 1993 частота выявления патологических отклонений изучаемых параметров была следующей: несколько чаще (в 92,3% случаев) встречалось снижение ЖЕЛ, тогда как снижение ОЕЛ, DLCO и VA фиксировали реже, а именно в 15, 61,5 и 30,7% случаев соответственно.

Настоящее исследование является начальным этапом изучения влияния проникающих ранений груди на функциональные параметры системы дыхания на раннем этапе выздоровления. Полученные данные мы принимаем во внимание при назначении необходимого медикаментозного лечения и разработке программы комплексной индивидуальной медицинской реабилитации. По нашему мнению, данная категория пациентов нуждается в динамическом

наблюдении функциональных показателей системы дыхания с целью своевременного обнаружения возможных вторичных осложнений в результате полученных повреждений в отдаленном периоде восстановления, что является крайне необходимым для сохранения качества жизни и дальнейшего выполнения профессиональных обязанностей. Мы отдаем себе отчет в том, что наше исследование ограничено маленьким объемом выборки и является в большей мере описательным. Мы не исключаем, что увеличение размера выборки может сказаться на последующих результатах.

## Заключение

В ранний период выздоровления после проникающих ранений груди с повреждением легких чаще всего диагностировали неспецифический паттерн вентиляционных нарушений: снижение ЖЕЛ при сохранении  $ОЕЛ_{пл}$  и индекса Тиффно в пределах нормальных значений, увеличение объема невентилируемого пространства в легких. Реже был диагностирован классический рестриктивный паттерн вентиляционных нарушений и в единичных случаях – обструкция дыхательных путей. Кроме того, было выявлено нарушение диффузионной способности легких.

Используемая для интерпретации данных легочных функциональных тестов система должных значений оказывает существенное влияние на частоту выявления функциональных нарушений. Следовательно, при динамическом наблюдении пациентов необходимо использовать ту же систему должных значений, что и при базовом исследовании.

Обнаруженные функциональные нарушения необходимо учитывать при коррекции медикаментозной терапии и составлении индивидуальных программ медицинской реабилитации пациентов с последствиями проникающих ранений органов дыхания.

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

**Disclosure of interest.** The authors declare that they have no competing interests.

**Вклад авторов.** Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи. О.И. Савушкина – разработка дизайна исследования, набор клинического материала, анализ и интерпретация результатов, написание и редактирование текста; А.А. Зайцев – концепция статьи, редактирование текста; М.М. Малашенко – разработка дизайна исследования, набор клинического материала, редактирование текста; Н.А. Асеева – набор клинического материала, оформление статьи; П.А. Астанин – статистическая обработка, анализ результатов, редактирование текста; Д.В. Давыдов – концепция статьи, утверждение итогового варианта текста рукописи; Е.В. Крюков – концепция статьи, утверждение итогового варианта текста рукописи. Все авторы внесли существенный вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации, несут ответственность за целостность всех частей статьи.

**Authors' contribution.** The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of

the work. OI Savushkina – study design development, clinical material recruitment, analysis and interpretation of results, text writing and editing; AA Zaitsev – article concept, text editing; M.M. Malashenko – study design development, clinical material recruitment, text editing; NA Aseva – recruitment of clinical material, article design; PA Astanin – statistical processing, analysis of results, text editing; DV Davydov – article concept, approval of the final version of the manuscript; EV Kryukov – article concept, approval of the final version of the manuscript. All authors contributed significantly to the search and analysis and preparation of the article, read and approved the final version before publication, and are responsible for the integrity of all parts of the article.

**Источник финансирования.** Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

**Funding source.** The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

**Соответствие принципам этики.** Протокол исследования был одобрен локальным этическим комитетом. Одобрение и процедуру проведения протокола получали по принципам Хельсинкской конвенции.

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethics committee. The approval and procedure for the protocol were obtained in accordance with the principles of the Helsinki Convention.

## Литература/References

1. Юлдашев Ф.А., Мирахмедов Г.М. Травма грудной клетки. *Вестник экстренной медицины.* 2016;9(4):79-84 [Yuldashev FA, Mirakhmedov GM. Chest Injury. *The Bulletin of Emergency Medicine.* 2016;9(4):79-84 (in Russian)].
2. Николаева Е.Б., Погодина А.Н. Диагностика и лечение ранений легкого и их осложнений. *Атмосфера. Пульмонология и аллергология.* 2010;4:11-5 [Nikolaeva EB, Pogodina AN. Diagnostika i lechenie ranenii legkogo i ikh oslozhenii. *Atmosfera. Pul'monologiya i allergologiya.* 2010;4:11-5 (in Russian)].
3. Методические руководства. Спирометрия. Российское респираторное общество, 2021. Режим доступа: [https://spulmo.ru/upload/spirometriya\\_16\\_12\\_2021\\_extEd.pdf?t=1&ysclid=11th5t69a9](https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?t=1&ysclid=11th5t69a9). Ссылка активна на 20.02.2022 [Metodicheskie rukovodstva. Spirometriya. Rossiiskoe respiratornoe obshchestvo, 2021. Available at: [https://spulmo.ru/upload/spirometriya\\_16\\_12\\_2021\\_extEd.pdf?t=1&ysclid=11th5t69a9](https://spulmo.ru/upload/spirometriya_16_12_2021_extEd.pdf?t=1&ysclid=11th5t69a9). Accessed: 20.02.2022 (in Russian)].
4. Wanger J, Clausen JL, Coates A, et al. Standardisation of the measurement of lung volumes. *Eur Respir J.* 2005;26(3):511-22. DOI:10.1183/09031936.05.00035005
5. Graham BL, Brusasco V, Burgos F, et al. ERS/ATS Standards for single-breath carbon monoxide uptake in the lung. *Eur Respir J.* 2017;49(1):1600016. DOI:10.1183/13993003.00016-2016
6. Graham BL, Steenbruggen I, Miller MR, et al. Standardization of Spirometry 2019 Update. *Am J Respir Crit Care Med.* 2019;200(8):70-88. DOI:10.1164/rccm.201908-1590ST
7. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J.* 2005;26(5):948-68. DOI:10.1183/09031936.05.00035205
8. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, et al. ERS Global Lung Function Initiative. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3-95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J.* 2012;40(6):1324-43. DOI:10.1183/09031936.00080312
9. Stanojevic S, Graham BL, Cooper BG, et al. Official ERS technical standards: Global Lung Function Initiative reference values for the carbon monoxide transfer factor for Caucasians. *Eur Respir J.* 2017;50(3):1700010. DOI:10.1183/13993003.00010-2017
10. Hall GL, Filipow N, Ruppel G, et al. Official ERS technical standard: Global Lung Function Initiative reference values for static lung volumes in individuals of European ancestry. *Eur Respir J.* 2021;57(3):2000289. DOI:10.1183/13993003.00289-2020
11. Leone M, Bregeon F, Antonini F, et al. Long-term Outcome in Chest Trauma. *Anesthesiology.* 2008;109(5):864-71. DOI:10.1097/ALN.0b013e31818a4009
12. Hughes SM, Borders CW, Aden JK, et al. Long-Term Outcomes of Thoracic Trauma in U.S. Service Members Involved in Combat Operations. *Mil Med.* 2020;185(11-12):2131-6. DOI:10.1093/milmed/usaa165
13. Каменева М.Ю. Синдромы нарушений легочного газообмена у больных интерстициальными заболеваниями легких. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2015;56:14-20 [Kameneva MYu. Syndromes of gas exchange abnormalities in patients with interstitial lung diseases. *Bulletin Physiology and Pathology of Respiration.* 2015;56:14-20 (in Russian)].
14. Choudhary S, Pasrija D, Mendez MD. Pulmonary Contusion. 2021. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022. Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32644340/> Accessed: 20.02.2022.

Статья поступила в редакцию / The article received: 25.02.2022

Статья принята к печати / The article approved for publication: 25.03.2022



OMNIDOCTOR.RU