

© Коллектив авторов, 2015
УДК 616.24-089:616.26-616-073.4

С. Д. Горбунков, В. В. Варламов, А. Ю. Гичкин, В. Е. Перлей, С. М. Черный,
А. И. Романихин, В. А. Сыровнев, А. С. Агишев, А. Л. Акопов

УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДИАФРАГМЫ У БОЛЬНЫХ, ПРОШЕДШИХ ОТБОР ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ РЕДУКЦИИ ОБЪЁМА ЛЁГКИХ

ГОУ ВПО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
им. акад. И. П. Павлова» Минздрава РФ (ректор — академик РАН проф. С. Ф. Багненко)

Ключевые слова: эмфизема легких, диафрагма, редукция объема легких

Введение. Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) относится к числу наиболее распространенных заболеваний человека. В России по результатам подсчетов с использованием эпидемиологических маркеров зарегистрировано около 11 млн больных [8]. В подавляющем большинстве случаев обструктивный бронхит сопровождается эмфиземой легких, которая характеризуется деструкцией межальвеолярных перегородок и патологическим расширением воздушных пространств дистальнее терминальных бронхиол. Диффузная эмфизема легких (ДЭЛ) является генерализованным процессом неравномерного разрушения легочной паренхимы, который приводит к прогрессирующему и необратимому вздутию (гиперинфляции) легких, нарушению механики дыхания, снижению капиллярного кровотока, что клинически проявляется инвалидизирующей одышкой [2].

Диафрагма является важнейшей дыхательной мышцей, обеспечивающей до трех четвертей объема вдоха, а также вспомогательной мышцей выдоха. Второстепенное значение для вдоха имеют наружные межреберные, а для выдоха — груднореберные, лестничные и

грудноключично-сосцевидные мышцы. Для правильной работы дыхательных мышц необходимы несколько условий, среди которых возможность для растяжения мышечного волокна, дозированная нагрузка, достаточное питание, прямой вектор сокращения [6].

Хирургическая редукция объема легких (ХРОЛ) — операция, направленная на уменьшение вздутия легких, положительно влияющая на выраженность одышки, частоту обострений и переносимость физической нагрузки у определенной части больных ХОБЛ. Одним из основных условий, определяющих успешность операции, является строгое соответствие кандидатов критериям отбора. Оперативное лечение не показано при пневмофиброзе, бронхоэктазах, декомпенсации кровообращения в малом круге, слабости дыхательной мускулатуры, продолжении курения, невозможности пройти предоперационную реабилитацию и тяжелых сопутствующих заболеваниях [3, 9].

Исследование диафрагмы широко применяется у больных с диффузной эмфиземой для оценки изменений в аппарате вентиляции до и после хирургического лечения [10, 14, 17]. Используют рентгенографическую, магнитно-резонансную, спиральную томографическую и ультразвуко-

Сведения об авторах:

Горбунков Станислав Дмитриевич (e-mail: sdgorbunkov@mail.ru), Варламов Владимир Васильевич (e-mail: trivar2013@yandex.ru),
Гичкин Алексей Юрьевич (e-mail: gich59@mail.ru), Перлей Виталий Евгеньевич (e-mail: viper1956@mail.ru),
Черный Семён Миронович (e-mail: smcherny@mail.ru), Романихин Аркадий Игоревич (e-mail: romanihin.arkadiy@mail.ru),
Сыровнев Владимир Александрович (e-mail: vsyrovnev@gmail.com), Агишев Алексей Сергеевич (e-mail: asagishev@yandex.ru),
Акопов Андрей Леонидович (e-mail: akorovand@mail.ru), Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
им. акад. И. П. Павлова, 197022, Санкт-Петербург, ул. Л. Толстого, 6–8

вую визуализацию. В настоящее время наиболее доступным методом, позволяющим получить большое количество как топографоанатомических, так и функциональных параметров диафрагмы, является ультразвуковое исследование [7].

Остается неясным вопрос о том, могут ли ультразвуковые характеристики диафрагмы являться критериями оценки риска оперативного лечения у больных со сниженными функциональными резервами, наряду с результатами исследования функции внешнего дыхания, компьютерной томографии, сцинтиграфии легких, эхокардиографии и нагрузочных тестов [11, 15, 18]. В некоторых работах недостатки методики привели к низкой достоверности результатов [19]. Несмотря на большой опыт использования, оценка диафрагмы не входит в стандарты отбора больных с ДЭЛ для оперативного лечения.

Цель исследования — изучить состояние диафрагмы у больных с ДЭЛ, отобранных для хирургического лечения, оценить влияние ХРОЛ на функционирование диафрагмы.

Материал и методы. За период с 2007 по 2014 г. были обследованы 26 больных с диагнозом диффузная эмфизема легких, дыхательная недостаточность II–III степени, которым после предоперационной реабилитации была выполнена ХРОЛ. Возраст пациентов составил от 28 до 69 лет [в среднем $(54,1 \pm 7,0)$ лет]. 24 (92%) больных были бывшими интенсивными курильщиками (более 1 пачки сигарет в день) со средним стажем курения $(35,9 \pm 11,4)$ лет, 2 пациента не курили. В контрольную группу вошли 13 некурящих добровольцев без признаков ХОБЛ, средний возраст которых составил $(53,3 \pm 5,5)$ лет.

Всем больным с ДЭЛ проводилось комплексное обследование, включавшее клинические исследования (жалобы, симптомы, определение роста-веса соотношения), функциональные (спирография, бодиплетизмография, определение кислотно-основного состояния крови, 6-минутный тест с ходьбой, эхокардиография), лучевые (рентгенография, высокоразрешающая компьютерная томография, сцинтиграфия легких), а также бронхофиброскопию. В контрольной группе диагноз ХОБЛ исключался с использованием рентгенографического и спирографического методов.

При функциональном обследовании была выявлена перестройка функции внешнего дыхания (ФВД) по обструктивному типу. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) была снижена [в среднем $(2,8 \pm 0,6)$ л, или $(68 \pm 12)\%$ от должного]. Показатель ОФВ₁ составил $(1,1 \pm 0,2)$ л, или $(24 \pm 7)\%$ от должного, что говорило о резко выраженной бронхиальной обструкции. При проведении бодиплетизмографии общая емкость легких (ОЕЛ), характеризующая эластические свойства легких, у большинства пациентов была умеренно повышена [в среднем $(8,6 \pm 0,8)$ л, или $(125 \pm 10)\%$ от должного]. При этом имела место выраженная перестройка её структурных компонентов. Величина остаточного объема легких (ООЛ) была значительно выше нормы, среднее значение составило $(6,1 \pm 0,7)$ л, или $(228 \pm 19)\%$ от должного. Среднее значение диффузионной способности легких по углекислому газу (ДСЛ) было резко снижено и составило $(36 \pm 13)\%$

от должного, что говорило о резком уменьшении площади функционирующих альвеол. У всех пациентов выявлялась артериальная гипоксемия [среднее PaO_2 — (67 ± 7) мм рт. ст.], артериальная гиперкапния определялась у трех больных [среднее PaCO_2 — (38 ± 6) мм рт. ст.].

При лучевом обследовании у больных с диффузной эмфиземой выявлялось: двустороннее уплощение куполов диафрагмы, увеличение ретростерального пространства, определялось обеднение легочного рисунка как в верхних, так и в нижних отделах легких. По данным перфузионной сцинтиграфии легких, локализованные дефекты перфузии (субсегментарные, сегментарные и долевые) определялись у всех обследованных больных. У 4 (15%) пациентов изменения перфузии были выражены преимущественно в нижних отделах легких.

При исследовании показателей центральной гемодинамики методом ультразвукового дуплексного сканирования сердца размеры правых камер были увеличены, и расчетное систолическое давление в легочной артерии было повышено нерезко [в среднем (38 ± 3) мм рт. ст.]. При определении уровня сывороточного α_1 -антитрипсина ни у одного из обследованных не было выявлено его недостаточности [в среднем $(1,8 \pm 0,3)$ г/л при норме $(0,75–2,1)$ г/л].

Пациенты получали комплексную терапию ХОБЛ тяжелого течения: бронхолитические препараты, преимущественно пролонгированные формы, ингаляционные кортикостероиды, анаболические препараты в сочетании с нутритивной терапией, проводилась профилактика ОРВИ. Дыхательная гимнастика осуществлялась с использованием дыхательного тренажера «Philips Threshold PEP». Также больным назначали дозированные физические нагрузки на велоэргометре с мощностью 15–35 Вт или ежедневную ходьбу в течение 1 ч.

Для оценки функционального состояния диафрагмы проводили ультразвуковое сканирование правого купола диафрагмы с помощью ультразвуковой диагностической системы экспертного класса «VIVID 7 GE» (США) с использованием матричного линейного датчика с несущей частотой 3,5 МГц и регистрацией изображений в М-режимах сканирования. Обследование проводилось натошак в положении больного стоя. Для улучшения визуализации диафрагмы в течение 3 дней до исследования больным назначали бесшлаковую диету и ферментные препараты. При исследовании диафрагмы определялись следующие параметры: высота стояния купола, толщина мышечной части после спокойного вдоха и выдоха, смещение купола при спокойном дыхании, скорость сокращения и расслабления, скорость смещения купола на вдохе и выдохе. Больным проводили 3 повторяющихся теста, из которых выбирали лучший. Оценка проводилась непосредственно перед операцией и через 1 год после.

Статистические данные отображены в виде среднее значение $\pm$ стандартное отклонение. Распределение большинства значений было нормальным, критерий Шапиро—Уилка составил около 0,75. Статистическая значимая разница значений определялась как $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Залогом корректности результатов исследования у больных с диффузной эмфиземой легких является строгое следование критериям отбора. Такой подход исключает использование при анализе результатов, полученных у пациентов, которые

по тем или иным причинам не находятся в своей лучшей физической и функциональной форме. В первую очередь это относится к больным с обострением ХОБЛ, так как они, как правило, обращаются к пульмонологу при усилении дыхательной недостаточности, и сбор в этот момент научных данных значительно усугубляет картину заболевания. Отдельно необходимо отметить утверждение о том, что при длительной ингаляции кислорода тонус дыхательной мускулатуры снижается [16]. Также нельзя считать корректной оценку функции дыхательной мускулатуры у больных, которые не занимались её тренировкой или продолжали курить.

Сравнение результатов исследования диафрагмы у больных с ДЭЛ и здоровых добровольцев представлено в *табл. 1*. Из таблицы видно, что у больных с ДЭЛ топографические показатели не отличались от таковых в контрольной группе [высота стояния купола ($7,6 \pm 1,8$) и ($8,0 \pm 1,0$) см, смещение купола при спокойном дыхании ($1,7 \pm 0,4$) и ($1,5 \pm 0,6$) см, скорость сокращения при спокойном дыхании ($1,9 \pm 0,7$) и ($1,7 \pm 0,6$) см/с], что может говорить о компенсированной функции диафрагмы у пациентов, прошедших отбор для операции. Статистически значимо различались такие функциональные показатели, как смещение купола при форсированном дыхании [$(3,5 \pm 1,1)$ и ($5,5 \pm 1,8$) см] и скорость смещения купола при форсированном

вдохе [$(5,7 \pm 3,7)$ и ($7,4 \pm 4,6$) см/с], что свидетельствует об ограничении подвижности диафрагмы в связи с выраженной гиперинфляцией легких.

При оценке показателей ФВД и газового состава крови у больных с ДЭЛ после хирургического лечения отмечается послеоперационное снижение гиперинфляции — общий объем легких ($6,1 \pm 0,7$) л ($228 \pm 19\%$ от должного) до операции, ($4,7 \pm 0,5$) л ($178 \pm 14\%$ от должного) после и выраженности обструктивных изменений [ОФВ₁ ($1,1 \pm 0,2$) л] ($24 \pm 7\%$ от должного) до операции и ($1,6 \pm 0,2$) ($35 \pm 7\%$ от должного) после. При этом РаО₂ в послеоперационном периоде улучшилось с (67 ± 7) до (75 ± 7) мм рт. ст., РаСО₂ — с (38 ± 6) до (34 ± 6) мм рт. ст.

Результаты исследования диафрагмы в группе оперативного лечения до и после операции представлены в *табл. 2*. Из представленной таблицы видно, что значения показателей после операции статистически не различаются с дооперационными. Несмотря на положительные изменения показателей ФВД, основные функциональные характеристики диафрагмы не имеют достоверных послеоперационных сдвигов. Возможно, для более точной оценки роли диафрагмы в динамике послеоперационных изменений необходимо провести анализ в подгруппах в зависимости от преимущественной локализации эмфиземы.

Таблица 1

Функциональная характеристика диафрагмы у больных с диффузной эмфиземой легких и в контрольной группе ($M \pm m$)

Показатель	Контроль (n=13)	ДЭЛ (n=26)
Возраст, лет	56 ± 7	54 ± 7
Индекс массы тела, кг/м ²	23 ± 3	22 ± 2
Высота стояния купола, см	$8,0 \pm 1,0$	$7,6 \pm 1,8$
Смещение купола:		
при спокойном дыхании, см	$1,5 \pm 0,6$	$1,7 \pm 0,4$
при форсированном дыхании, см	$5,5 \pm 1,8$	$3,5 \pm 1,1^*$
Фракция укорочения мышечной части при форсированном вдохе	$0,5 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,1$
Скорость сокращения:		
при спокойном дыхании, см/с	$1,7 \pm 0,6$	$1,9 \pm 0,7$
при форсированном дыхании, см/с	$5,2 \pm 2,4$	$5,1 \pm 2,7$
Скорость расслабления:		
при спокойном дыхании, см/с	$1,5 \pm 0,4$	$1,8 \pm 0,9$
при форсированном дыхании, см/с	$4,9 \pm 1,5$	$5,6 \pm 3,8$
Скорость смещения купола:		
при форсированном вдохе, см/с	$7,4 \pm 4,6$	$5,7 \pm 3,7^*$
при форсированном выдохе, см/с	$6,8 \pm 3,7$	$6,6 \pm 5,0$

* $p < 0,05$.

Таблица 2

Динамика показателей диафрагмы у больных с ДЭЛ до и после оперативного лечения ($M \pm m$)

Показатель	До операции	После операции
Высота стояния купола, см	7,6 $\pm$ 1,8	7,8 $\pm$ 1,4
Смещение купола:		
при спокойном дыхании, см	1,7 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,6
при форсированном дыхании, см	3,5 $\pm$ 1,1	3,2 $\pm$ 0,6
Фракция укорочения мышечной части при форсированном дыхании	0,4 $\pm$ 0,1	0,4 $\pm$ 0,1
Скорость сокращения:		
при спокойном дыхании, см/с	1,9 $\pm$ 0,7	2,1 $\pm$ 0,7
при форсированном дыхании, см/с	5,1 $\pm$ 2,7	4,7 $\pm$ 1,5
Скорость расслабления:		
при спокойном дыхании, см/с	1,8 $\pm$ 0,9	2,4 $\pm$ 1,0
при форсированном дыхании, см/с	5,6 $\pm$ 3,8	4,9 $\pm$ 2,2
Скорость смещения купола:		
при форсированном вдохе, см/с	5,7 $\pm$ 3,7	5,1 $\pm$ 2,5
при форсированном выдохе, см/с	6,6 $\pm$ 5,0	5,3 $\pm$ 2,5

При вздутии легких происходит постепенное ухудшение условий для функционирования дыхательной мускулатуры по ряду причин, среди которых основными являются изменение архитектоники миофибрилл, снижение количества саркомеров, ухудшение микроциркуляции [1]. На начальном этапе дыхательная мускулатура компенсирует ухудшающиеся условия функционирования с помощью увеличения силы сокращения, что приводит к её утомлению.

Следует различать утомление и слабость дыхательной мускулатуры. Утомление — обратимый биохимический процесс, который является результатом усиленной работы мышц и сопровождается снижением силы мышечного сокращения [12]. Важный функциональный признак этого состояния — повышение соотношения между максимальным окклюзионным давлением в верхних дыхательных путях на вдохе и на выдохе более 4/10 [4]. Основным клиническим симптомом утомления диафрагмы является участие вспомогательных дыхательных мышц в акте дыхания. По данным W.D.Pitcher и соавт. [16], утомление дыхательных мышц регистрируется только у 10% больных с дыхательной недостаточностью, госпитализированных по поводу инфекционного обострения ХОБЛ.

Слабость дыхательной мускулатуры — необратимое состояние, которое сопровождается атрофическими изменениями в мышцах и приводит к усилению дыхательной недостаточности [5], часто является свидетельством потери контроля над заболеванием. Возможными причинами слабости могут являться дыхательный ацидоз,

электролитные нарушения, метаболические расстройства. До настоящего момента не существует единого мнения, всегда ли утомление дыхательной мускулатуры приводит к её слабости [7].

Несмотря на то, что диафрагма у этих больных работает в условиях гиперинфляции, некоторые исследователи отмечают незначительную разницу функциональных показателей диафрагмы при сравнении со здоровыми обследованными [10]. Однако при анализе результатов после операции у ряда обследованных отмечаются значимые сдвиги показателей, среди которых, в первую очередь, высота стояния и характеристики диафрагмы при спокойном дыхании. Результаты исследования диафрагмы при форсированном дыхании, как правило, значимо не изменяются, а в ряде наблюдений регистрируются отрицательные сдвиги. Для этого могут быть несколько причин: нагноительные осложнения со стороны послеоперационной раны, плевральные наложения, связанные с длительным нахождением плевральных дренажей, прием системных глюкокортикостероидов, а также резекция базальных отделов легких, прилежащих к диафрагме [19]. Также на результаты исследования диафрагмы влияет сторона оперативного вмешательства. С помощью ультразвукового исследования невозможно адекватно оценить характеристики левой половины диафрагмы, и левосторонние вмешательства приводят к менее выраженным сдвигам по сравнению с правосторонними.

Выводы. 1. У больных с тяжелой диффузной эмфиземой легких, прошедших отбор для ХРОЛ, топографические показатели диафрагмы

существенно не отличаются от показателей у здоровых, однако определяется негативное влияние гиперинфляции на функциональные характеристики диафрагмы (расстояние и скорость смещения купола при форсированном дыхании).

2. После ХРОЛ не выявлено корреляций между функциональными характеристиками диафрагмы и показателями ФВД, но отмечено улучшение функционирования диафрагмы при спокойном дыхании.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдеев С. Н. Оценка силы дыхательных мышц в клинической практике // *Практ. пульмонол.* 2008. № 4. С. 12–17.
2. Аверьянов А. В. Эмфизема легких у больных ХОБЛ: современные аспекты патогенеза, диагностики и лечения: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. М., 2008. 45 с.
3. Акопов А. Л., Варламов В. В., Николаев Г. В. и др. Критерии отбора больных диффузной эмфиземой легких для хирургической коррекции дыхательной недостаточности // *Грудная серд-сосуд. хир.* 2005. № 3. С. 54–59.
4. Акопов А. Л., Черный С. М. Неотложная пульмонология. Лейпциг: Lambert academic publishing, 2008. 293 с.
5. Бичев А. А., Чучалин А. Г. Механизмы утомления респираторной мускулатуры // *Пульмонология.* 1992. № 4. С. 82.
6. Бобков А. Г. Морфология дыхательной системы. Болезни органов дыхания: Руководство для врачей / Под ред. Н. Р. Палеева. М.: Медицина, 1989. С. 9–32.
7. Перлей В. Е., Гичкин А. Ю., Каменева М. Ю., Александров А. Л. Функциональное состояние диафрагмы у больных хронической обструктивной болезнью легких // *Вестн. Тверск. гос. ун-та.* 2013. № 29. С. 211–219.
8. Российское респираторное общество // Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению ХОБЛ. 2014. 41 с. <http://www.msetynmen.ru/doc.xobl.pdb>
9. Яицкий Н. А., Варламов В. В., Горбунков С. Д. и др. Результаты хирургического лечения генерализованной эмфиземы легких // *Вестн. хир.* 2014. № 2. С. 9–13.
10. Bellemare F., Cordeau M. P., Couture J. et al. Effects of emphysema and lung volume reduction surgery on transdiaphragmatic pressure and diaphragm length // *Chest.* 2002. № 6. P. 1980–1910.
11. Cassart M., Hamacher J., Verbandt Y. et al. Effects of lung volume reduction surgery for emphysema on diaphragm dimensions and configuration // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2001 № 163. P. 1171–1175.
12. Decramer M. Respiratory muscles in COPD: regulation of trophical status // *Vehr. K. Acad. Geneesk. Belg.* 2001. № 6. P. 577–602.
13. Laghi F., Jubran A., Topeli A. et al. Effect of lung volume reduction surgery on neuromechanical coupling of the diaphragm // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1998. № 157. P. 475–483.
14. Martinez F., Monies de Oca M., Whyte R. et al. Lung volume reduction improves dyspnea, dynamic hyperinflation and respiratory muscle function // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 1997. № 155. P. 1984–1990.
15. O'Donnell D. E., Webb K. A., Bertley J. C. et al. Mechanisms of relief of exertional breathlessness following unilateral bullectomy and lung volume reduction surgery in emphysema // *Chest.* 1996. № 110. P. 18–27.
16. Pitcher W. D., Cunningham H. S. Oxygen cost of increasing tidal volume and diaphragm flattening in obstructive pulmonary disease // *J. Appl. Physiol.* 1993. № 74. P. 2750–2756.
17. Scirba F. C. Early and long-term functional outcomes following lung volume reduction surgery // *Clin. Chest. Med.* 1997. № 18. P. 259–276.
18. Slone R. M., Gierada D. S. Radiology of pulmonary emphysema and lung volume reduction surgery // *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1996. № 110. P. 61–82.
19. Wanke T., Merkle M., Formanek D. et al. Effect of lung transplantation on diaphragmatic function in patients with chronic obstructive pulmonary disease // *Thorax.* 1994. № 5. P. 459–464.

Поступила в редакцию 17.06.2015 г.

S. D. Gorbunkov, V. V. Varlamov, A. Yu. Gichkin,
V. E. Perley, S. M. Chernyi, A. I. Romanikhin,
V. A. Syrovnev, A. S. Agishev, A. L. Akopov

ULTRASONIC ASSESSMENT OF DIAPHRAGM CONDITION OF THE PATIENTS, WHO PASSED THE SELECTION FOR LUNG VOLUME REDUCTION SURGERY

I. P. Pavlov First Saint-Petersburg State Medical University

The article showed the results of ultrasonic assessment of topographic and functional diaphragm indices in patients with severe diffuse emphysema. They passed the selection for lung volume reduction surgery. The comparison of diaphragm indices was presented in patients with diffuse emphysema and control group of healthy volunteers. Dynamics of diaphragm condition was studied after surgical treatment. There wasn't noted any statistical difference of diaphragm topographic indices as compared with the control group. There wasn't shown a correlation between respiratory function indices and functional diaphragm indices, but it was noted a positive tendency in characteristics during quiet breathing.

Key words: *emphysema of lung, diaphragm, lung volume reduction*