

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ ДИАФРАГМАЛЬНОЙ ДИСФУНКЦИИ В РАННЕМ ПОСЛЕОПЕРАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ ПОСЛЕ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ

*Т.И. Парамонова – к.м.н., зав.отд.

А.В. Вдовкин – врач-рентгенолог

В.А. Палькова – врач-рентгенолог

ФГБУ «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии»

Министерства здравоохранения Российской Федерации

440071 Россия, г. Пенза, ул. Стасова, 6

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- послеоперационная дисфункция диафрагмы
- кардиохирургические вмешательства
- шунт ВГА
- КТ грудной клетки

РЕЗЮМЕ:

Цель исследования: оценить влияние комплекса факторов на развитие диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после кардиохирургических операций.

Материалы и методы: в исследование включено 830 пациентов после различных кардиохирургических вмешательств произведенных в ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (г. Пенза). В раннем послеоперационном периоде (3,9±0,9 дня) при переводе из отделения реанимации всем пациентам выполняли цифровую рентгенографию органов грудной клетки. Оценивали подвижность куполов диафрагмы путем измерения амплитуды их движения на двух последовательных снимках – с глубоким вдохом и полным выдохом. В раннем послеоперационном периоде диафрагмальная дисфункция выявлена в 172 (20,7%) случаях. Пациенты были разделены на 4 группы в зависимости от наличия или отсутствия нарушения функции диафрагмы. Критерием отбора в группы с диафрагмальной дисфункцией была величина амплитуды движения диафрагмы меньше 10 мм. Первая группа с нормальной подвижностью диафрагмы включала 658(79,3%) случаев. Вторая группа с дисфункцией левого купола диафрагмы – 85(10,2%) случаев. Третья группа с дисфункцией правого купола – 58(7%) случаев. Четвертая группа с двухсторонней диафрагмальной дисфункцией – 29(3,5%) случаев. В модель логистической регрессии вошли 4 переменные, значимость которых отражена по литературным данным: выделение внутренней грудной артерии (ВГА), клапанные операции, использование радиочастотной абляции, применение искусственного кровообращения. Проводился множественный логистический регрессионный анализ влияния комплекса предикторов на развитие диафрагмальной дисфункции.

Результаты: установили, что при влиянии комплекса предикторов наибольшие шансы развития дисфункции наблюдались в группе с двухсторонним нарушением подвижности диафрагмы после выделения ВГА с двух сторон (ОШ 3,4; ДИ 1,60; 7,25). Высокие шансы дисфункции отмечались в группах с односторонним поражением диафрагмы после унилатерального выделения ВГА. Со стороны выделения левой ВГА (ОШ 2,7; ДИ 1,36; 5,37) шансы были выше, чем со стороны выделения правой ВГА (ОШ 2,0; ДИ 1,16; 3,47). После проведения клапанных операций, радиочастотной абляции и искусственного кровообращения шансы развития диафрагмальной дисфункции были статистически незначимы (p>0,05) во всех группах исследования.

Выводы: дисфункция диафрагмы имеет в 3,4 раза больше шансов развития после двухстороннего выделения ВГА. Односторонняя дисфункция диафрагмы имеет больше шансов развития со стороны выделения ВГА: слева в 2,7 раза и справа в 2 раза. Влияние проведения искусственного кровообращения, клапанных операций и радиочастотной абляции на развитие диафрагмальной дисфункции статистически незначимо.

FACTORS, INFLUENCING THE DEVELOPMENT OF DIAPHRAGMATIC DYSFUNCTION IN THE EARLY POSTOPERATIVE PERIOD AFTER CARDIAC SURGERY

*Paramonova T.I. – MD, PhD

Vdovkin A.V. – MD

Palkova V.A. – MD

Federal National Center of Cardiovascular Surgery

6, Stasova str, Penza, Russian Federation, 440071

KEY-WORDS:

- postoperative diaphragmatic dysfunction
- cardiac surgery
- grafted internal thoracic artery
- chest x-ray

РЕЗЮМЕ:

Aim: was to evaluate the influence of factors on the development of diaphragmatic dysfunction in early periods after cardiac surgery.

Materials and methods: study included 830 patients after various cardiac surgery in Federal National Center of Cardiovascular Surgery (Penza, Russian Federation). In the early postoperative period (3,9 ± 0,9 days) all patients underwent chest x-ray, while transporting from intensive care unit. We evaluated differences between diaphragm contours in two consecutive shots – with a deep breath and exhale fully. In the early postoperative period diaphragmatic dysfunction was detected in

*Адрес для корреспонденции (Correspondence to): Парамонова Татьяна Иннокентьевна (Paramonova T.I.), e-mail: paramonti@yandex.ru

172 cases (20.7%). Patients were divided into 4 groups depending on the presence or absence of a violation of the diaphragm function. The criterion of selection into the group with diaphragmatic dysfunction was size of amplitude motion, less than 10 mm. 1st group with normal mobility of the diaphragm included 658 patients (79.3%). 2nd group with dysfunction of the left dome of the diaphragm – 85 patients (10.2%). 3rd group with dysfunction of the right dome – 58 patients (7%). 4th group with bilateral diaphragmatic dysfunction – 29 patients (3.5%). Logistic regression model included 4 variables, the significance of which is reflected by the published data: preparation of internal thoracic artery (ITA) for graft, valve surgery, the use of radiofrequency ablation, the use of cardiopulmonary bypass. We made a multiple logistic regressive analysis of predictors for the development of diaphragmatic dysfunction.

Results: we have found that under the influence of complex predictors, greatest chance of dysfunction was observed in the group with bilateral violation of diaphragm mobility after two-sided separation of ITA (OR 3.4; CI 1.60, 7.25). High chances of dysfunction were observed in groups with unilateral violation of diaphragm mobility after unilateral separation of ITA. Separation of left ITA had higher chances for diaphragmal dysfunction (OR 2.7; CI 1.36; 5.37) than in case of separation of right ITA (OR 2.0; CI 1.16, 3.47). After valve operations, radiofrequency ablation, and cardiopulmonary bypass chances of diaphragmatic dysfunction was statistically insignificant ($p > 0.05$) in all study groups.

Conclusions: diaphragmatic dysfunction develops in 3.4 times greater in case of bilateral separation of ITA. Unilateral dysfunction of the diaphragm has a great chance in case of separation of ITA: left up to 2.7 times and right up to 2 times. Influence of cardiopulmonary bypass, valve operations and radiofrequency ablation for the development of diaphragmatic dysfunction is statistically insignificant.

Введение

В научной литературе определены факторы риска приобретенной диафрагмальной дисфункции после кардиохирургических операций. Наиболее частой причиной большинство авторов считают травму диафрагмального нерва во время выделения внутренней грудной артерии (ВГА) со стороны поражения [1–5]. Отмечено, что частота дисфункции диафрагмы увеличивалась при сочетании маммарокоронарного шунтирования с клапанными операциями [6]. Некоторые авторы не находили влияния забора ВГА на снижение подвижности диафрагмы и связывали дисфункцию диафрагмы с применением искусственного кровообращения или радиочастотной абляции [7–8]. В литературе не выявлено влияние на развитие послеоперационной дисфункции диафрагмы нехирургических факторов – демографических или клинических [7]. В проведенных исследованиях обычно использовали однофакторный анализ предикторов дисфункции диафрагмы, не оценивая влияния комплекса хирургических факторов. Кроме того, большинство авторов изучали в основном случаи тяжелого пареза диафрагмы, как правило, в позднем послеоперационном периоде – после 10–4 суток [6,9,10]. Мало литературных данных о функции диафрагмы в раннем послеоперационном периоде, когда достаточно актуально изучение не только клинически значимой диафрагмальной дисфункции, но и субклинических форм. В литературе отмечается, что при неспецифичной клинике редко диагностируются даже двухстороннее поражение, а односторонние нару-

шения могут вообще остаться без внимания [9,11]. Новизна нашей работы заключается в том, что было проведено скрининговое рентгенологическое исследование большинства пациентов в раннем периоде после различных кардиохирургических операций. Количественно измерили функцию диафрагмы и провели статистический анализ комплекса хирургических факторов симультанно влияющих на развитие приобретенной диафрагмальной дисфункции.

Цель исследования: оценить влияние комплекса факторов на развитие диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после кардиохирургических операций.

Материалы и методы

В исследование были включены 830 пациентов в раннем послеоперационном периоде ($3,9 \pm 0,9$ дня), перенесших различные кардиохирургические вмешательства в ФГБУ «ФЦССХ» Минздрава России (г. Пенза) с июня 2014 г. по февраль 2015 г. Выборка состояла из 640 (77,1%) мужчин и 190 (22,9%) женщин в возрасте от 18 до 78 лет ($57,5 \pm 9,4$), с индексом массы тела от 16,1 до 44,4 кг/м² ($28,7 \pm 4,6$).

Всем пациентам при переводе из отделения реанимации в стационар выполнялась цифровая рентгенография органов грудной клетки на аппарате Siemens Axiom Iconos R200 в вертикальном положении в прямой задней проекции. Подвижность куполов диафрагмы была определена путем измерения амплитуды их движения на двух последовательных снимках – с глубоким

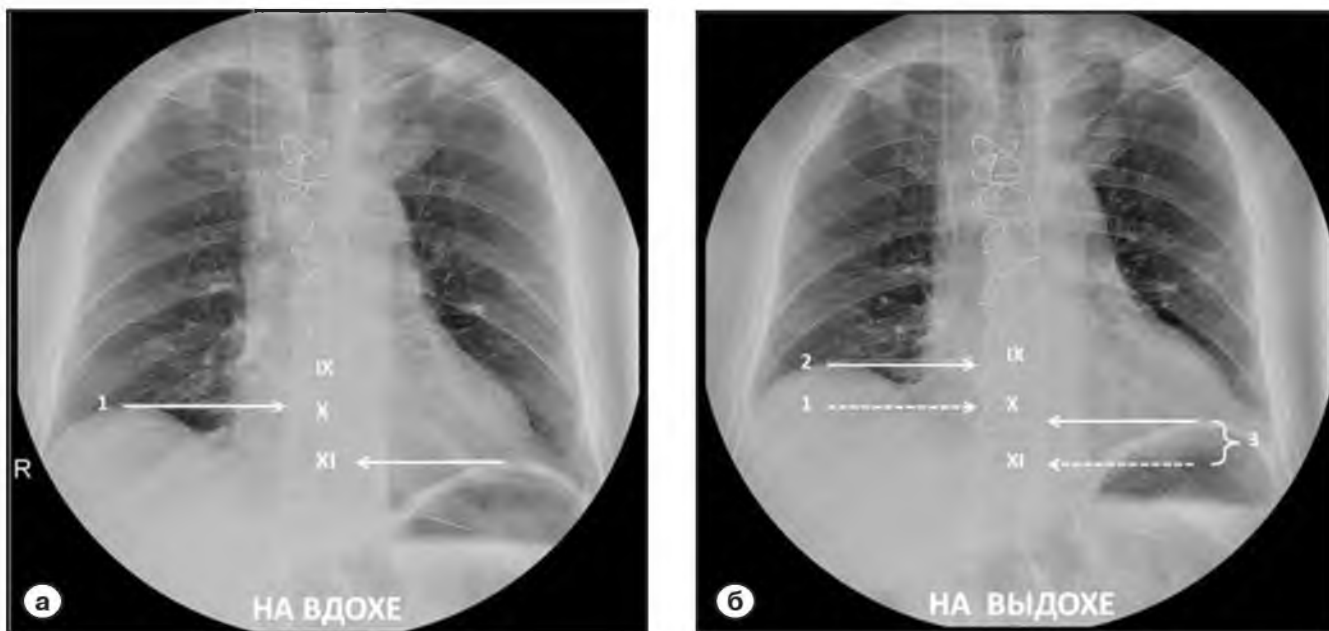


Рис. 1. Измерение подвижности куполов диафрагмы на двух последовательных снимках, с глубоким вдохом (а) и полным выдохом (б). Цифровая рентгенография органов грудной клетки в вертикальном положении в прямой задней проекции. 1- стояние купола диафрагмы относительно тела грудного позвонка при вдохе; 2- стояние купола диафрагмы относительно тела грудного позвонка при выдохе; 3- амплитуда движения купола диафрагмы.

Таблица 1. Распространенность включенных в модель переменных в группах исследования

	Группа с нормальной подвижностью диафрагмы n=658	Группа с дисфункцией левого купола n=85	Группа с дисфункцией правого купола n=58	Группа с двухсторонней дисфункцией n=29
Искусственное кровообращение	628(95,4%)	80(94,1%)	55(94,8%)	29(100%)
Унилатеральное выделение ВГА	336(61%)	73(85,9%)	25(43,1%)	-
Двухстороннее выделение ВГА	156(23,7%)	-	-	15(51,7%)
Клапанные операции	145(22%)	18(21,2%)	15(25,9%)	7(24,1%)
Радиочастотная абляция	51(7,8%)	6(7,1%)	2(3,4%)	3(10,3%)

вдохом и полным выдохом (рис. 1). Измерения производились на рабочей станции Siemens Syngo Imaging XS. Амплитуда движения правого купола диафрагмы при измерении была в среднем $19,5 \pm 8,3$ мм, левого купола – $21,4 \pm 10$ мм.

В раннем послеоперационном периоде диафрагмальная дисфункция выявлена в 172(20,7%) случаях. Пациенты были разделены на 4 группы в зависимости от наличия и отсутствия нарушения функции диафрагмы. Критерием отбора в группы с диафрагмальной дисфункцией была величина амплитуды движения диафрагмы меньше 10 мм [12]. Первая группа с нормальной подвижностью диафрагмы включала 658(79,3%) случаев. Вторая группа с дисфункцией левого купола диафрагмы – 85 (10,2%) случаев.

Третья группа с дисфункцией правого купола – 58(7%) случаев.

Четвертая группа с двухсторонней диафрагмальной дисфункцией – 29(3,5%) случаев. Построена математическая модель логистической регрессии, на основании которой изучали влияние комплекса хирургических факторов, снижающих подвижность диафрагмы. В модель включили 4 переменные, значимость которых широко представлена литературными данными: выделение ВГА [2,3,5], клапанные операции [6], использование радиочастотной абляции [8], применение искусственного кровообращения [7] (табл. 1).

Для статистической обработки результатов использовалась программа SPSS Statistics V21(IBM Corp., 2012). Проводился множественный логистический регрессионный анализ методом включения комплекса переменных. В итоговых расчетах указана величина отношения шансов (ОШ), 95% доверительный интервал (ДИ) и значимость критерия Вальда (величина p).

Таблица 2. **Результаты множественного логистического регрессионного анализа влияния комплекса предикторов на развитие диафрагмальной дисфункции**

Предикторы диафрагмальной дисфункции	Отношение шансов (ОШ)	95% доверительный интервал (ДИ)	Величина p
Дисфункция левого купола.			
Искусственное кровообращение	0,82	0,31; 2,18	0,688
Радиочастотная абляция	1,2	0,45; 2,99	0,751
Клапанные операции	1,3	0,72; 2,48	0,364
Выделение левой ВГА	2,7	1,36; 5,37	0,005
Дисфункция правого купола.			
Радиочастотная абляция	0,39	0,09; 1,73	0,217
Искусственное кровообращение	0,88	0,26; 2,99	0,831
Клапанные операции	1,5	0,77; 2,77	0,241
Выделение правой ВГА	2,0	1,16; 3,47	0,012
Двухсторонняя дисфункция диафрагмы.			
Искусственное кровообращение	1,0	0,00	0,998
Клапанные операции	1,1	0,42; 2,65	0,232
Радиочастотная абляция	1,7	0,44; 6,07	0,459
Выделение ВГА с двух сторон	3,4	1,60; 7,25	0,001

Результаты

Установили, что при влиянии комплекса предикторов наибольшие шансы развития дисфункции наблюдались в группе с двухсторонним нарушением подвижности диафрагмы после выделения ВГА с двух сторон (ОШ 3,4; ДИ 1,60; 7,25). Высокие шансы дисфункции отмечались в группах с односторонним поражением диафрагмы после унилатерального выделения ВГА. Со стороны выделения левой ВГА (ОШ 2,7; ДИ 1,36; 5,37) шансы были выше, чем со стороны выделения правой ВГА (ОШ 2,0; ДИ 1,16; 3,47) (табл. 2). После проведения клапанных операций, радиочастотной абляции и искусственного кровообращения шансы развития диафрагмальной дисфункции были статистически незначимы ($p > 0,05$) во всех группах исследования (табл. 2).

Обсуждение

Диафрагмальная дисфункция является недооцениваемой причиной необъяснимого диспноэ после кардиохирургических операций [13, 14]. Приобретенное нарушение подвижности диафрагмы ухудшает качество жизни, усугубляет клиническую картину сопутствующих заболеваний, осложняет послеоперационный период формированием легочных ателектазов и развитием инфекции трахеобронхиального дерева [15–17]. Послеоперационное нарушение функции диафрагмы увеличивает сроки госпитализации и может послужить причиной инвалидности [9]. Часть послеоперационной летальности, возможно, была результатом не диагностированного снижения подвижности диафрагмы, поскольку у пациентов с подобным нарушением высокий риск апноэ во время сна [9, 18]. Для

планирования и осуществления превентивных мероприятий против возникновения послеоперационной диафрагмальной дисфункции актуально установление степени влияния хирургических факторов снижающих подвижность диафрагмы.

Результаты нашего исследования сопоставимы с рядом зарубежных работ и показали доминирующие предикторы диафрагмальной дисфункции в раннем периоде после кардиохирургических операций [1–5]. На основании статистического анализа, установили, что, при влиянии комплекса предикторов наибольшие шансы развития диафрагмальной дисфункции наблюдались после двухстороннего выделения ВГА (ОШ 3,4; ДИ 1,60; 7,25). Высокие шансы односторонней дисфункции имелись со стороны выделения левой ВГА (ОШ 2,7; ДИ 1,36; 5,37) и правой ВГА (ОШ 2,0; ДИ 1,16; 3,47). Полученные данные не подтвердили статистически значимого риска развития диафрагмальной дисфункции после проведения искусственного кровообращения, клапанных операций и радиочастотной абляции [6–8].

Оценка функции диафрагмы нередко представляет существенные трудности даже при использовании современных методов. Электромиография диафрагмы ограничена в чувствительности и специфичности [19]. После кардиохирургических операций спирометрия не может быть использована в качестве объективного метода [20]. Регистрация трансдиафрагмального давления многие годы считалась стандартом при оценке функции диафрагмы [7]. Метод достаточно информативен, но инвазивен и вызывает дискомфорт, к тому же в большинстве лечебных учреждений он недоступен [15, 21]. Широко используется

рентгенологический метод в диагностике поражений диафрагмы [22]. В последнее время его всё чаще сочетают с УЗИ [12,19]. Рентгеноскопия позволяет визуализировать подвижность диафрагмы и субъективно оценить функцию [22,23]. При этом качественная оценка в значительной степени основывается на субъективном клиническом опыте, возникающем после анализа большого количества исследований [23]. Более объективна количественная оценка функции диафрагмы, которая возможна при цифровой рентгенографии.

В нашей клинике при переводе пациентов из реанимации в отделение цифровая рентгенография является стандартным исследованием. Ее проведение необходимо для исключения проявлений постперфузионного легочного синдрома, выявления развития пневмоторакса после удаления дренажей из плевральных полостей, оценки наличия и выраженности гидроторакса. Параллельно с этими целями мы дополняли исследо-

вание измерением амплитуды движения куполов диафрагмы. Это позволило нам в раннем послеоперационном периоде оценить подвижность диафрагмы и выявить пациентов с диафрагмальной дисфункцией, что обеспечило своевременное применение дополнительных лечебных мероприятий с целью улучшения качества жизни и прогноза.

Выводы

Дисфункция диафрагмы имеет в 3,4 раза больше шансов развития после двухстороннего выделения ВГА.

Односторонняя дисфункция диафрагмы имеет больше шансов развития со стороны выделения ВГА: слева в 2,7 раза и справа в 2 раза.

Влияние проведения искусственного кровообращения, клапанных операций и радиочастотной абляции на развитие диафрагмальной дисфункции статистически незначимо. ■

Список литературы/References

1. Berrizbeitia L.D., Tessler S., Jacobowitz I.J., et al. Effect of sternotomy and coronary by-pass surgery on postoperative pulmonary mechanics. *Chest*. 1989, 96(4):873–876.
2. Deng Y., Byth K., Paterson H.S. Phrenic nerve injury associated with high free right internal mammary artery harvesting. *Ann. Thorac. Surg.* 2003; 76(2):459–463.
3. Mazzoni M., Solinas C., Sisillo E., et al. Intraoperative phrenic nerve monitoring in cardiac surgery. *Chest*. 1996, 109(6):1455–1460.
4. O'Brien J.W., Johnson S.H., VanSteyn S.J., et al. Effects of internal mammary artery dissection on phrenic nerve perfusion and function. *Ann. Thorac. Surg.* 1991, 52(2):182–188.
5. Tripp H.F., Sees D.W., Lisagor P.G., et al. Is phrenic nerve dysfunction after cardiac surgery related to internal mammary harvesting? *J. Card. Surg.* 2001, 16(3): 228–231.
6. Canbaz S., Turgut N., Halici U., et al. Electrophysiological evaluation of phrenic nerve injury during cardiac surgery – a prospective, controlled, clinical study. *BMC Surgery*. 2004, 4:2.
7. Merino-Ramirez M.A., Juan G., Ramyn M., et al. Electrophysiologic evaluation of phrenic nerve and diaphragm function after coronary bypass surgery: prospective study of diabetes and other risk factors. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2006; 132:530–536.
8. Metzner A., Rausch P., Lemes C., et al. The incidence of phrenic nerve injury during pulmonary vein isolation using the second-generation 28 mm cryoballoon. *J. Cardiovasc. Electrophysiol.* 2014; 25(5):466–470.
9. Diehl J.L., Lofaso F., Deleuze P., et al. Clinically relevant diaphragmatic dysfunction after cardiac operations. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 1994; 107:487–498.
10. Efthimiou J., Butler J., Woodham C., et al. Diaphragm paralysis following cardiac surgery: role of phrenic nerve cold injury. *Ann. Thorac. Surg.* 1991; 52:1005–1008.
11. Smith B.M., Ezeokoli N.J., Kipps A.K., et al. Course, Predictors of Diaphragm Recovery After Phrenic Nerve Injury During Pediatric Cardiac Surgery. *Ann. Thorac. Surg.* 2013; 96:938–42.
12. Kim W. Y.; Suh H. J.; Hong S.-B.; Koh Y.; Lim C.-M. Diaphragm dysfunction assessed by ultrasonography: Influence on weaning from mechanical ventilation. *Critical Care Medicine*. 2011; 12:2627–2630.
13. Davison A., Mulvey D. Idiopathic diaphragmatic weakness. *BMJ*. 1992; 304:492–494.
14. McCool F.D., Tzelepis G.E. Dysfunction of the Diaphragm. *N. Engl. J. Med.* 2012; 366:932–942.
15. McCool F.D., Mead J. Dyspnea on immersion: mechanisms in patients with bilateral diaphragm paralysis. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1989; 139:275–276.
16. Steier J., Jolley C.J., Seymour J., et al. Sleep-disordered breathing in unilateral diaphragm paralysis or severe weakness. *Eur. Respir. J.* 2008; 32:1479–1487.

17. Wang C.S., Josenhaus W.T. Contribution of the diaphragmatic-abdominal displacement to ventilation in supine man. *J. Appl. Physiol.* 1971; 31:576–80.
18. Stradling J.R., Warley A.R. Bilateral diaphragm paralysis and sleep apnoea without diurnal respiratory failure. *Thorax.* 1988; 43:75–77
19. Summerhill E.M., El-Sameed Y.A., Glidden T.J. Monitoring recovery from diaphragm paralysis with ultrasound. *Chest.* 2008; 133:737–743.
20. El-Sobkey S.B., Salem N.A. Can lung volumes and capacities be used as an outcome measure for phrenic nerve recovery after cardiac surgeries? *J. Saudi. Heart Assoc.* 2011; 23:23–30.
21. Laroche C.M., Mier A.K., Moxham J., Green M. Diaphragm strength in patients with recent hemidiaphragm paralysis. *Thorax.* 1988; 43:170–174.
22. Линденбратен Л.Д. Лучевая диагностика поражений диафрагмы. *Радиология и практика.* 2001; 2:6–21.
Lindenbraten L.D. Luchevaja diagnostika porazhenij diafragmy [Beam diagnostics of diaphragm lesions]. *Radiologija i praktika.* 2001; 2:6–21 [In Russ].
23. Suwatanapongched T., Gierada D.S., Slone R.M. et al. Variation in Diaphragm Position and Shape in Adults With Normal Pulmonary Function. *Chest.* 2003; 123(6): 2019–2027.