

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2011

УДК 616.12-089.168-06-037

## **Факторы риска и система прогнозирования развития послеоперационных легочных осложнений у кардиохирургических пациентов**

*Л. А. Бокерия\*, Е. З. Голухова, В. Ю. Мерзляков, К. В. Шумков, А. Т. Медресова*

Научный центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева  
(директор – академик РАН и РАМН Л. А. Бокерия) РАМН, Москва

---

Одними из наиболее часто встречающихся осложнений после операций на сердце являются нарушения функции дыхательной системы. Цель настоящего исследования – разработать систему прогнозирования на основании периоперационных предикторов для определения группы пациентов высокого, среднего и низкого риска развития послеоперационных легочных осложнений, своевременного назначения соответствующего лечения и снижения вероятности развития таких осложнений.

*Ключевые слова:* операция на сердце, послеоперационные легочная дисфункция и осложнение, факторы риска, шкала риска.

Pulmonary complications are among the most frequently reported complications after cardiac surgery. The aim of this study was to develop a model, based on pre-, intra-, and postoperative factors, for classifying patients with high, medium and low risks for postoperative pulmonary complications in order to implement tailored interventions and reduce the incidence of such complications.

*Key words:* cardiac surgery, postoperative pulmonary dysfunction and complication, risk factors, risk model.

---

Нарушения функции дыхательной системы являются самыми распространенными осложнениями, наблюдаемыми после абдоминальных и кардиоторакальных операций [9]. Частота развития дыхательной недостаточности, одного из самых частых и тяжелых осложнений послеоперационного периода, требующей оксигенотерапии и консервативного лечения, составляет 5–18% в кардиоторакальной хирургии [1, 2, 8]. Ателектазы развиваются почти у 65% пациентов после операций на сердце [21], пневмония – у 16% [28].

В исследованиях, посвященных различным факторам риска развития послеоперационных легочных осложнений (ПЛО) у кардиохирургических пациентов, были обнаружены противоречивые данные о влиянии тех или иных предикторов на процент возникновения таких осложнений. Кроме того, в литературе имеются единичные работы, посвященные созданию системы прогнозирования риска раз-

вития ПЛО на основании дооперационных предикторов у пациентов после операции коронарного шунтирования (КШ) [9, 10]. Все вышеперечисленные обстоятельства определяют актуальность данной научной работы.

Цель исследования – определить факторы риска и разработать систему прогнозирования вероятности развития послеоперационных легочных осложнений у кардиохирургических пациентов.

### **Материал и методы**

В исследование было включено 135 пациентов (112 мужчин и 23 женщины) с нормальными показателями силы дыхательной мускулатуры. Всем пациентам были выполнены операции на сердце в отделениях неинвазивной аритмологии и хирургического лечения комбинированной патологии и хирургического лечения ишемической болезни сердца и малоинвазивной коронарной хирургии НЦССХ

---

\* E-mail: leoan@online.ru

Таблица 1

**Клиническая характеристика пациентов**

Показатель	Значение
Число пациентов	135
мужчины	112
женщины	23
Возраст, лет	54,4 ± 10,6
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	28,4 ± 4,48
Хроническая обструктивная болезнь легких, n (%)	9 (6,7%)
Инфаркт миокарда в анамнезе, n (%)	68 (50,4%)
NYHA, функциональный класс	0,93 ± 1,17
Фракция выброса ЛЖ, %	59,24 ± 8,42

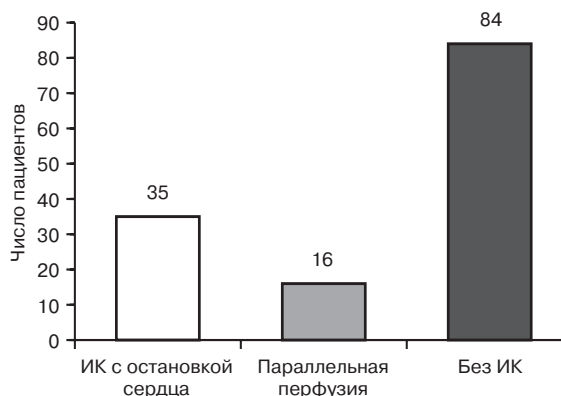


Рис. 1. Спектр оперативных вмешательств

им. А. Н. Бакулева РАМН с 2008 по 2011 г. Возраст больных колебался от 18 до 73 лет (в среднем  $54,4 \pm 10,6$  года) (табл. 1). Операции коронарного шунтирования были выполнены у 85 (63%) пациентов, протезирование и/или пластика клапанов сердца – у 22 (16,3%), пластика дефекта межпредсердной или межжелудочковой перегородки – у 7 (5,2%) и сочетанные хирургические вмешательства – у 21 (15,5%).

Операции с искусственным кровообращением (ИК) и остановкой сердца были выполнены в 26% ( $n=35$ ), с параллельной перфузией – в 12% ( $n=16$ ) и вмешательства без использования ИК – в 62% случаев ( $n=84$ ) (рис. 1).

Диагноз ПЛО устанавливался согласно критериям, представленным в таблице 2, за исключением артериальной гипоксемии, которая определялась как насыщение

Таблица 2

**Градации и определения ПЛО [10]**

I класс	II класс	III класс	IV класс
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кашель сухой</li> <li>• Микроателектаз: патологические изменения в легких и температура <math>&gt;37,5^{\circ}\text{C}</math> без другой документированной причины; результаты грудной рентгенограммы нормальные</li> <li>• Диспноэ, не обусловленное другой документированной причиной</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кашель продуктивный, не обусловленный другой документированной причиной</li> <li>• Бронхоспазм: вновь появившееся или ранее существовавшее свистящее дыхание, приводящее к изменению в терапии</li> <li>• Гипоксемия: альвеолярно-артериальный градиент <math>&gt;29</math> и симптомы диспноэ или свистящее дыхание</li> <li>• Ателектаз: рентгенологическое подтверждение, а также или температура <math>&gt;37,5^{\circ}\text{C}</math>, или патологические изменения в легких при объективном обследовании</li> <li>• Гиперкапния, преходящая, требующая лечения, такого как налоксон или повышенная мануальная или механическая вентиляция</li> <li>• Отрицательная реакция на медикаментозное лечение легких (например, токсическая реакция на теофиллин)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Плевральный выпот, требующий выполнения торакоцентеза</li> <li>• Пневмония подозреваемая: рентгенологическое доказательство без бактериологического подтверждения</li> <li>• Пневмония подтвержденная: рентгенологическое доказательство и документация патологического возбудителя при окраске по Граму или культивировании</li> <li>• Пневмоторакс</li> <li>• Реинтубация послеоперационная или интубация, выполненная у пациента, который не нуждался в ней интраоперационно; продолжительность периода зависимости от вентилятора не более 48 ч</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дыхательная недостаточность: послеоперационная зависимость от вентилятора, превышающая 48 ч, или интубация с последующим периодом зависимости от вентилятора более 48 ч</li> </ul>

гемоглобина артериальной крови кислородом ( $\text{SaO}_2$ ) менее 94% и отношение парциального напряжения кислорода в артериальной крови к фракции вдыхаемого кислорода ( $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ) менее 200 мм рт. ст. (при искусственной вентиляции легких). ПЛО считались клинически значимыми при наличии двух или более пунктов во II классе осложнений или одного пункта в III или IV классе осложнений [10]. Наличие клинически значимого легочного осложнения в раннем послеоперационном периоде (до 5 сут после операции) являлось конечной точкой исследования.

При поступлении в НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН у пациентов собирали данные анамнеза, проводили объективное исследование больных. При этом учитывались такие характеристики, как возраст, пол, индекс массы тела ( $\text{ИМТ} = \text{вес (кг)}/\text{рост (м}^2\text{)}$ ), курение, инсульт, инфаркт миокарда, чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика, тонзиллэктомия и хронический обструктивный и необструктивный бронхит в анамнезе, сахарный диабет, стадия хронической сердечной недостаточности по классификации Н. Д. Стражеско, В. Х. Василенко (1935 г.) и функциональный класс (ФК) по классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (New York Heart Association – NYHA) (1964 г.), ФК стабильной

стенокардии напряжения по классификации Канадского сердечно-сосудистого общества (the Canadian Cardiovascular Society angina classification – CCS) (1976 г.), прием амиодарона до операции.

В течение первых 24 ч после операции в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) (день экстубации) составляли балл по шкале полуколичественной оценки необходимости лечебного ухода за дыхательными путями (Semi-quantitative Assessment of Need for Airway Care), состоящей из шести частей (табл. 3) [5].

Электрокардиография (ЭКГ) с регистрацией 12 отведений выполнялась с использованием приборов Kenz Cardico 302 и 1210 (Suzuken, Япония) и Bioset 8000 (Hörmann, Германия).

Эхокардиографическое исследование (ЭхоКГ) проводилось на ультразвуковых аппаратах Sonos 5500 (Hewlett Packard, США) и MyLab 30 (Esaote S. p. A., Италия) с использованием М-, В-режимов и доплерографии. ЭКГ и ЭхоКГ выполняли до операции, на 1, 2, 5 и 8-е сутки после операции и перед выпиской пациента из отделения.

Исследование функции внешнего дыхания (ФВД) выполнялось с помощью дыхательной диагностической системы SuperSpiro методом закрытой спирометрии (Micro Medical, Англия) для определения

Таблица 3

**Шкала полуколичественной оценки необходимости лечебного ухода за дыхательными путями [5]**

Спонтанный кашель		Рвота		Количество мокроты	
0	Сильный	0	Сильная	0	Нет
1	Умеренный	1	Умеренная	1	1 пассаж
2	Слабый	2	Слабая	2	2 пассажа
3	Нет	3	Нет	3	≥ 3 пассажам
Вязкость мокроты		Частота санации (в последние 8 ч)		Характер мокроты	
0	Водянистая	0	> 3 ч	0	Прозрачная
1	Легкого содержания, пеннистая	1	2–3 ч	1	Желто-коричневая
2	Густая	2	1–2 ч	2	Желтая
3	Вязкая	3	< 1 ч	3	Зеленая

статических и динамических показателей вентиляции, включая кривые «поток–объем», «объем–время». Оценивали такие параметры, как дыхательный объем; резервный объем вдоха; резервный объем выдоха; жизненная емкость легких (ЖЕЛ); форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ); объем форсированного выдоха за 1 с ( $ОФВ_1$ ); индекс Тиффно ( $ОФВ_1/ЖЕЛ$ ; в международных рекомендациях –  $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ ); пиковая объемная скорость выдоха; максимальная объемная скорость на 25, 50 и 75% ФЖЕЛ; средняя объемная скорость воздушного потока в средней части экспираторного маневра между 25 и 75% ФЖЕЛ; максимальная произвольная вентиляция легких.

Показатели силы дыхательных мышц – максимальное экспираторное (МЭД) и максимальное инспираторное давления (МИД) на уровне ротовой полости – определяли с помощью прибора Micro RPM (MPM) (Micro Medical, Англия). Исследование ФВД и силы дыхательной мускулатуры выполняли за одни сутки до операции, на 5-е и на 10-е сутки после операции.

Обзорное рентгенологическое исследование органов грудной полости выполнялось до операции, после операции, после экстубации, на 3, 5-е и на 10-е сутки после операции.

Лабораторные методы исследования выполняли до операции и в раннем послеоперационном периоде. Для выполнения общего и развернутого анализа крови использовались гематологические анализаторы Cell-Dyn 1700, 3700 и Emerald (Abbott, США), AcT 5 Diff (Beckman Coulter, США), для биохимического анализа крови – анализаторы AU 400 (Olympus, Япония) и Piccolo (Abaxis, США). Для исследования газового, кислотно-щелочного и электролитного состава артериальной и венозной крови использовались анализаторы ABL 5 и 800 Flex (Radiometer Medical ApS, Дания), Rapidpoint® 400 и Rapidlab 1265 (Siemens, США).

В раннем послеоперационном периоде мониторинг инвазивного и неинвазивного артериального давления (АД), центрального венозного давления, частоты сердечных сокращений, частоты дыхания и пульсоксиметрии выполняли с помощью прикроватных мониторов Agilent M3 M3046A (Philips, Германия) и Philips M3 M3046A (Philips, Германия). Для контроля инвазивного АД и забора образцов артериальной крови для анализа пациентам перед операцией устанавливали катетер в лучевую артерию. Образцы венозной крови забирали из центрального венозного катетера (кровь из правого предсердия), установленного во внутреннюю яремную или подключичную вену.

Операции проводились при тотальной внутривенной анестезии, искусственной инвазивной (интубация трахеи) вентиляции легких и с использованием у некоторых пациентов ингаляционных анестетиков и высокой грудной эпидуральной анестезии. В качестве оперативного доступа у всех пациентов была использована срединная стернотомия.

После операции пациентов переводили в ОРИТ, где их активизировали и при наличии показаний экстубировали. При стабильном удовлетворительном состоянии через 3–10 ч после экстубации пациентов переводили в отделение. В базу исследования также были внесены такие параметры, как продолжительность ИК и пережатия аорты, забор левой внутренней грудной артерии и количество обходных шунтов (при операции КШ), количество и продолжительность нахождения дренажей в грудной полости, длительность операции и механической вентиляции, реторакотомия с остановкой кровотечения, психомоторное возбуждение, продолжительность постельного режима, наличие пареза купола(-ов) диафрагмы, количество перелитой свежемороженой плазмы и эритроцитарной массы.

Всем пациентам в послеоперационном периоде (вплоть до выписки) ежедневно

проводили сеансы общеразвивающих и дыхательных гимнастических упражнений статического и динамического характера, специальных дыхательных упражнений и перкуSSIONного и постурального массажа с элементами растирания и вибрации, выполняемого на мышцах спины.

Статистическая обработка данных выполнена на персональном компьютере с помощью пакета прикладных программ «Statistica 6.0 for Windows». Определение факторов риска развития клинически значимых ПЛО проводили с помощью однофакторного логистического регрессионного анализа. Оптимальный уровень для количественных факторов определяли с помощью Receiver Operator Characteristic (ROC) анализа. Факторы считали значимыми при  $p < 0,05$ . Построение статистической модели для прогнозирования вероятности развития клинически значимых ПЛО выполняли с помощью многофакторного логистического регрессионного анализа.

### Результаты и обсуждение

#### *Определение факторов риска развития послеоперационных легочных осложнений у кардиохирургических пациентов*

Среди 135 пациентов легочные осложнения II класса и выше были отмечены у 73 больных (54%), при этом наиболее часто встречались продуктивный кашель (29%), артериальная гипоксемия (22%) и ателектаз (20%) (рис. 2). Клинически значимые ПЛО наблюдались у 50 пациентов (37%).

Из 33 количественных и неколичественных параметров до-, интра- и послеоперационного периодов было определено 9 факторов риска развития ПЛО (табл. 4, 5).

*Индекс массы тела.* Н. Walthall и соавт. [26] исследовали 89 пациентов после операции КШ и не обнаружили какого-либо значимого влияния ИМТ на продолжительность периода экстубации. К такому

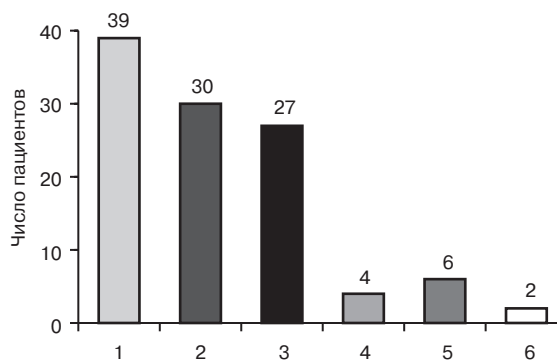


Рис. 2. Распределение пациентов по характеру ПЛО:

1 – кашель продуктивный; 2 – артериальная гипоксемия; 3 – ателектаз; 4 – плевральный выпот, требующий торакоцентеза; 5 – пневмония; 6 – дыхательная недостаточность

же выводу пришли М. J. Moulton и соавт. [19], которые исследовали пациентов после операций с ИК ( $n = 2299$ ). Многофакторный регрессионный анализ не показал влияния повышенной массы тела пациентов на частоту развития острого респираторного дистресс-синдрома, пневмонии и пролонгированной механической вентиляции. Y. G. Weiss и соавт. [27] сообщили о значимом влиянии нескольких факторов риска, в том числе тучности, на развитие артериальной гипоксемии в течение 24 ч после операций на сердце с ИК ( $n = 466$ ). Результаты другого исследования [22] показали, что ИМТ  $30 \text{ кг/м}^2$  и более является предиктором развития ранней послеоперационной легочной дисфункции, определенной как механическая вентиляция с  $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$  150 мм рт. ст. и менее (или 20 kPa и менее) и аномальные данные рентгенологического исследования при поступлении в ОРИТ. Y. Lida и соавт. [16] сообщили о значимой отрицательной корреляционной взаимосвязи между показателями силы дыхательной мускулатуры (МЭД и МИД) и ИМТ после операций КШ ( $n = 154$ ). В данной работе ИМТ более  $25 \text{ кг/м}^2$  был определен статистически значимым фактором риска развития ПЛО у кардиохирургических пациентов.

*Инфаркт миокарда в анамнезе* в исследованиях Y. G. Weiss и соавт. [27] и Q. Ji

Таблица 4

**Однофакторный логистический регрессионный анализ  
независимых предикторов развития ПЛО**

Параметр	Однофакторный анализ		
	OR	95% CI	p
<b>I. Дооперационные данные</b>			
Возраст, лет	1,04	0,99–1,08	0,051
> 58	1,35	0,64–2,86	0,43
> 55	1,37	0,67–2,77	0,39
> 60	1,41	0,61–3,23	0,42
> 65	1,88	0,71–4,92	0,20
> 70	2,76	0,73–10,43	0,13
Мужской пол	1,83	0,66–5,1	0,24
<b>ИМТ (вес (кг)/рост (м<sup>2</sup>))<sup>1)</sup></b>	<b>1,16</b>	<b>1,1–1,26</b>	<b>0,0015</b>
> 25	<b>5,43</b>	<b>1,94–15,3</b>	<b>0,0014</b>
> 30	<b>3,05</b>	<b>1,44–6,44</b>	<b>0,0038</b>
Отмена курения до операции, недель	0,99	0,97	0,66
> 16 нед	0,8	0,36	0,71
< 16 нед	1,18	0,5	0,71
Курение в анамнезе:	1,15	0,53	0,72
в настоящее время	0,96	0,42	0,93
Стаж курения > 41 года	1,00	0,97	0,88
Стаж курения > 41 года	1,2	0,16	0,86
Инсульт в анамнезе	1,76	0,41–7,47	0,44
Сахарный диабет:	1,83	0,64–5,29	0,26
нет	ref	–	–
оральная терапия	2,29	0,58–9,11	0,24
инсулинотерапия	1,22	0,19–7,75	0,83
Тонзиллэктомия в анамнезе	1,34	0,51–3,47	0,55
Хронический необструктивный бронхит в анамнезе	0,73	0,21–2,55	0,62
ХОБЛ в анамнезе	0,86	0,15–4,96	0,87
<b>Инфаркт миокарда в анамнезе</b>	<b>2,77</b>	<b>1,33–5,78</b>	<b>0,0068</b>
ЧТКА в анамнезе	2,14	0,67–6,85	0,19
Функция внешнего дыхания <sup>2)</sup>			
VC% дол, % < 70	0,67	0,19	0,51
VC% дол, % < 80	1,56	0,73	0,25
FEV1% дол, % < 80	0,99	0,27	0,99
FVC% дол, % < 70	3,69	0,64	0,14
FVC% дол, % < 80	1,31	0,48	0,59
PEF% дол, % < 70	1,03	0,43	0,95
PEF% дол, % < 80	1,14	0,55	0,72
FEV1/VC% дол, % < 100	1,51	0,64	0,35
FEV1/FVC% дол, % < 100	0,75	0,22	0,65
FEF25% дол, % < 70	1,19	0,44	0,73
FEF25% дол, % < 80	1,39	0,66	0,38
FEF50% дол, % < 70	0,63	0,21	0,41
FEF50% дол, % < 80	0,63	0,25	0,33
FEF75% дол, % < 70	1,37	0,53	0,52
FEF75% дол, % < 80	0,69	0,3	0,38
MEF25–75% дол, % < 70	0,76	0,25	0,64
MEF25–75% дол, % < 80	0,72	0,27	0,50
TV, л < 0,5	0,2	0,024	0,14
<b>ERV, л &lt; 1,0</b>	<b>2,54</b>	<b>1,16</b>	<b>0,0205</b>
IRV, л < 1,5	0,71	0,30	0,43
ФВД, отклонение от нормы:	1,35	0,55–3,26	0,50
норма	ref	–	–
рестрикция	1,17	0,42–3,31	0,76
обструкция	1,84	0,35–9,75	0,47
смешанный тип	1,84	0,11–31,3	0,67

Продолжение табл. 4

Параметр	Однофакторный анализ		
	OR	95% CI	p
MVV % дол, %	0,99	0,97	0,77
MVV % дол, % < 71	0,61	0,29	0,18
Стадия ХСН по классификации Н. Д. Стражеско, В. Х. Василенко			
I	ref	–	–
II	1,56	0,51–4,83	0,43
Стадия ХСН по классификации Н. Д. Стражеско, В. Х. Василенко			
I	ref	–	–
IIА	1,89	0,60–5,95	0,27
IIБ	–	–	–
Стадия ХСН по классификации NYHA			
III	0,55	0,16–1,83	0,32
ФК стабильной стенокардии напряжения по CCS			
I+II	ref	–	–
III	1,53	0,41	0,53
IV	1,56	0,30	0,58
III+IV	1,53	0,42	0,51
Прием амиодарона до операции	1,85	0,68–5,07	0,23
Доза амиодарона, мг			
нет	ref	–	–
5000	1,85	0,85	0,31
5000–10000	3,71	0,32	0,29
> 10000	0,93	0,079	0,95
Доза амиодарона, мг			
5000	ref	–	–
5000–10000	2,0	0,11	0,62
> 10000	0,5	0,027	0,62
Эхокардиография:			
предоперационная легочная гипертензия	0,62	0,2–1,86	0,39
расчетное давление в правом желудочке, мм рт. ст.			
<30	ref	–	–
30–50	0,71	0,20	0,59
50–80	0,4	0,042	0,42
Размер ЛП, см	1,24	0,67	0,49
> 3,8	1,84	0,81	0,14
ЛЖ: ФВ, %	0,97	0,93	0,31
< 63	1,66	0,8	0,17
< 50	1,52	0,59	0,38
КСР, см	0,97	0,86	0,59
> 4,1	1,71	0,75	0,19
КДР, см	0,97	0,85	0,59
> 5,7	1,47	0,7	0,30
КСО, мл	1,00	0,99	0,77
> 78	1,66	0,74	0,22
КДО, мл	1,00	0,99	0,33
> 168	1,9	0,87	0,11
УО, мл	0,99	0,98	0,79
> 67	1,89	0,63	0,25
Несинусовый ритм (фибрилляция и трепетание предсердий, постоянные формы)	1,02	0,23–4,51	0,98
<b>II. Интраоперационные данные</b>			
<b>ИК с остановкой сердца</b>	<b>ref</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>ИК (параллельная перфузия)</b>	<b>4,57</b>	<b>1,19</b>	<b>0,027</b>
<b>Без ИК</b>	<b>2,86</b>	<b>1,11</b>	<b>0,029</b>
Продолжительность ИК, мин	1,00	0,99	0,62
> 126	2,5	0,6	0,20
Продолжительность пережатия аорты, мин	1,02	0,98–1,06	0,18
> 70	1,54	0,27–8,7	0,62
> 120	–	–	–

Параметр	Однофакторный анализ		
	OR	95% CI	p
<b>Забор левой внутренней грудной артерии</b>	<b>3,01</b>	<b>1,24–7,29</b>	<b>0,015</b>
<b>Количество обходных шунтов</b>	<b>1,37</b>	<b>1,1</b>	<b>0,0077</b>
>2	<b>2,58</b>	<b>1,1</b>	<b>0,037</b>
<b>Количество дренажей в грудной полости</b>	<b>3,20</b>	<b>1,37</b>	<b>0,0076</b>
>2 <sup>3)</sup>	<b>3,97</b>	<b>1,58</b>	<b>0,0036</b>
<b>Операция, длительность, мин &gt; 330</b>	<b>2,59</b>	<b>1,23–5,49</b>	<b>0,013</b>
Реторакотомия с остановкой кровотечения	1,71	0,102–28,7	0,71
<b>III. Послеоперационные данные</b>			
Продолжительность механической вентиляции, ч <sup>4)</sup> > 67,8	7,3	0,78–68,7	0,081
Психомоторное возбуждение	1,73	0,23–12,9	0,59
Наихудший балл по шкале SANAC в течение 8 ч до экстубации	1,47	0,99–2,16	0,052
Балл по шкале SANAC в течение 8 ч до экстубации			
> 5	1,5	0,74	0,26
> 6	1,81	0,59	0,29
Продолжительность нахождения дренажей, сут	1,27	0,9	0,17
≥ 4	1,52	0,75	0,24
Продолжительность постельного режима после интубации, сут	1,46	0,88–2,41	0,14
<b>Продолжительность постельного режима после интубации, сут ≥ 4</b>	<b>5,66</b>	<b>1,08–29,66</b>	<b>0,0404</b>
Парез левого купола диафрагмы	1,17	0,51–2,65	0,71
Переливание СЗП – общее количество (оперблок + ОПИТ), мл > 730	2,45	0,86–7,04	0,094
Переливание эритроцитарной массы – общее количество (оперблок + аппарат ИК + ОПИТ), мл > 390	2,27	0,52–9,86	0,27

1) Полужирным шрифтом выделены факторы риска развития послеоперационных легочных осложнений.

2) Кроме TV, ERV и IRV остальные показатели указаны в процентах от должной величины.

3) Два стандартных дренажа в грудной полости – перикардиальный и переднесредостенный; наличие более двух дренажей означает установку дренажа в одну или обе плевральные полости.

4) Определялась как продолжительность от момента интубации до способности пациента самостоятельно задавать нормальную частоту дыхания и обеспечивать необходимым дыхательным объемом без поддержки вентилятора.

Примечание. OR (odds ratio) – соотношение шансов; CI (confidence interval) – доверительный интервал; ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких; ЧТКА – чрескожная транслюминальная коронарная ангиопластика; VE (expired lung volume) или VT (TV – tidal volume) – дыхательный объем; IRV (inspiratory reserve volume) – резервный объем вдоха; ERV (expiratory reserve volume) – резервный объем выдоха; VC (vital capacity) – жизненная емкость легких; FVC (forced vital capacity) – форсированная жизненная емкость легких; FEV1 (forced-expiratory volume in one second) – объем форсированного выдоха за 1 с; FEV<sub>1</sub>/VC (в международных рекомендациях – FEV<sub>1</sub>/FVC) – индекс Тиффно; PEF (peak expiratory flow) – пиковая объемная скорость выдоха; FEF25%, FEF50% и FEF75% (forced expiratory flow at 25, 50 and 75%) – максимальная объемная скорость на 25, 50 и 75% FVC соответственно; MEF25–75% (mid-expiratory flow rate) – средняя объемная скорость воздушного потока в средней части экспираторного маневра между 25 и 75% FVC; MVV (maximal voluntary ventilation) – максимальная произвольная вентиляция легких; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; ФК – функциональный класс; ЛП – левое предсердие; ЛЖ – левый желудочек; ФВ – фракция выброса; КСР – конечный систолический размер; КДР – конечный диастолический размер; КСО – конечный систолический объем; КДО – конечный диастолический объем; УО – ударный объем; шкала SANAC (Semiquantitative Assessment of Need for Airway Care) – шкала полуквантитативной оценки необходимости лечебного ухода за дыхательными путями; СЗП – свежемороженая плазма.



**Определение оптимального уровня для количественных факторов  
с помощью ROC-анализа**

Фактор	AUC	SE (AUC)	<i>p</i>	95% CI	Оптимальный порог	Чувствительность, %	Специфичность, %
Возраст, лет	0,58	0,051	0,14	0,5–0,68	58	52	61
<b>ИМТ<sup>1)</sup>, кг/м<sup>2</sup></b>	<b>0,68</b>	<b>0,051</b>	<b>0,007</b>	<b>0,58–0,77</b>	<b>25,5</b>	<b>90</b>	<b>40</b>
MVV % дол, %	0,50	0,052	0,49	0,5–0,61	71	66,7	45,2
Размер ЛП, см	0,56	0,052	0,19	0,5–0,66	3,8	90	24,7
ЛЖ: ФВ, %	0,57	0,051	0,16	0,5–0,67	63	72	41,2
КСР, см	0,55	0,052	0,25	0,5–0,65	4,1	38	76,5
КДР, см	0,55	0,052	0,27	0,5–0,65	5,7	52	59
КСО, мл	0,56	0,054	0,23	0,5–0,66	78	40	76
КДО, мл	0,58	0,054	0,14	0,5–0,69	168	47	72
УО, мл	0,54	0,054	0,32	0,5–0,64	67	94	16
Продолжительность ИК, мин	0,53	0,089	0,39	0,5–0,71	126	40	81
Продолжительность пережатия аорты, мин	0,59	0,12	0,29	0,5–0,84	124	29	100
<b>Количество обходных шунтов</b>	<b>0,64</b>	<b>0,05</b>	<b>0,029</b>	<b>0,54–0,74</b>	<b>1</b>	<b>90</b>	<b>29</b>
<b>Операция, длительность, мин</b>	<b>0,63</b>	<b>0,051</b>	<b>0,039</b>	<b>0,53–0,73</b>	<b>330</b>	<b>48</b>	<b>75</b>
Продолжительность механической вентиляции, ч	0,51	0,051	0,43	0,5–0,61	67,8	8	98,8
Переливание СЗП – общее количество (оперблок + ОРИТ), мл	0,52	0,053	0,39	0,5–0,62	730	22	91
Переливание эритроцитарной массы – общее количество (оперблок + аппарат ИК + ОРИТ), мл	0,51	0,09	0,46	0,5–0,69	390	37,5	83

Примечание. AUC (area under curve) – численный показатель площади под кривой; SE (sensitivity) – чувствительность.

<sup>1)</sup> Полу жирным шрифтом выделены факторы риска развития послеоперационных легочных осложнений.

и соавт. [11] являлся фактором высокого риска развития послеоперационной артериальной гипоксемии у кардиохирургических пациентов. В настоящем исследовании инфаркт миокарда в анамнезе также был предиктором развития ПЛО после операций на сердце.

**Функция внешнего дыхания.** Значимым предиктором реинтубации после операций на сердце является жизненная емкость легких [7]. Показатель ОФВ<sub>1</sub> меньше нижней границы нормы должного значения является лучшим прогностическим маркером развития различных осложнений, в том числе легочных, после операций КШ [17]. Из исследованных в этой научной работе стандартных показателей

пневмотахометрии предиктором развития ПЛО оказался резервный объем выдоха < 1,0 л.

**Искусственное кровообращение.** По данным многих исследований ИК и продолжительность периода ИК (80–140 мин и более) являются предикторами развития ПЛО у кардиохирургических пациентов [7, 20, 22, 23, 25, 27, 29], хотя встречаются и противоположные выводы [3, 6, 15, 18]. В настоящем исследовании было показано, что ИК с остановкой сердца, операции без использования ИК и с применением параллельной перфузии (перечислены в порядке увеличения статистической значимости) являются предикторами развития ПЛО у данной категории пациентов.

Причем риск развития ПЛО выше почти в 3 раза при операциях без ИК и в 4,5 раза при параллельной перфузии по сравнению с использованием ИК с остановкой сердца. Но продолжительность периода ИК более 126 мин не показала статистически значимого влияния на развитие легочных осложнений.

*Забор левой внутренней грудной артерии* является одной из частых причин нарушения функции легких после операций на сердце, по данным разных авторов [3, 12, 13, 24, 27], что было подтверждено результатами этого исследования.

*Количество обходных шунтов.* Операция КШ явилась фактором риска развития послеоперационной артериальной гипоксемии в исследовании Y. G. Weiss и соавт. [27]. Другие авторы [29] после выполнения дискриминантного анализа показали наличие взаимосвязи между более тяжелым нарушением легочной функции (ателектазы) и количеством шунтов. Количество шунтов не оказало влияния на показатели функции легких в послеоперационном периоде, по данным L. D. Verrizbeitia и соавт. [3]. Анализ данной научной работы показал, что количество обходных шунтов два и более является предиктором развития ПЛО у пациентов после операций на сердце.

*Количество дренажей в грудной полости.* Продолжительность нахождения дренажей более двух суток и установка плевральных дренажей ассоциируется с развитием легочных осложнений после операций КШ [20]. Само повреждение плевры также сопровождается развитием различных ПЛО [4, 14, 29]. В данном исследовании количество дренажей в грудной полости более двух (что означает дополнительную установку дренажей в одну или обе плевральные полости) явилось предиктором развития ПЛО, но продолжительность нахождения дренажей не показало статистически значимого влияния.

*Длительность операции.* Продолжительность операции (в среднем около 4 ч)

ассоциируется с развитием легочных осложнений после операций КШ [20, 29], является предиктором реинтубации, задержки экстубации после операций на сердце [7, 25]. Длительность операции более 330 мин в этой работе была определена статистически значимым фактором высокого риска развития ПЛО у кардиохирургических пациентов.

*Продолжительность постельного режима после интубации четверо суток и более* явилась предиктором развития ПЛО.

### **Система прогнозирования риска развития**

#### **послеоперационных легочных осложнений**

При выполнении многофакторного логистического регрессионного анализа исключили три предиктора (ИК с остановкой сердца, операции без использования ИК и с применением параллельной перфузии, забор левой внутренней грудной артерии, количество обходных шунтов два и более), так как их влияние оказалось малым или обуславливалось воздействием других факторов. Оставшимся шести факторам риска в зависимости от степени влияния было присвоено определенное количество баллов (табл. 6).

Для каждого обследованного больного рассчитали суммарный балл и провели однофакторный регрессионный анализ, в котором в качестве независимого предиктора

Таблица 6

#### **Распределение баллов по факторам риска развития ПЛО**

Фактор риска	Балл
Индекс массы тела > 25 кг/м <sup>2</sup>	26
Инфаркт миокарда в анамнезе	16
Резервный объем выдоха < 1,0 л	9
Количество дренажей в грудной полости > 2	26
Длительность операции > 330 мин	8
Продолжительность постельного режима после интубации ≥ 4 сут	15

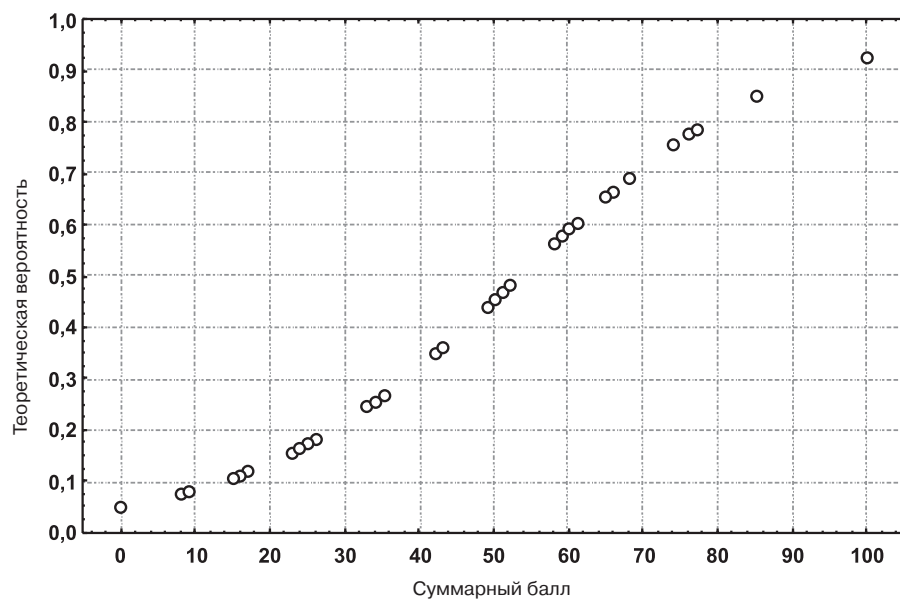


Рис. 3. Диаграмма рассеяния. Зависимость теоретической вероятности возникновения ПЛО от суммарного балла для каждого пациента

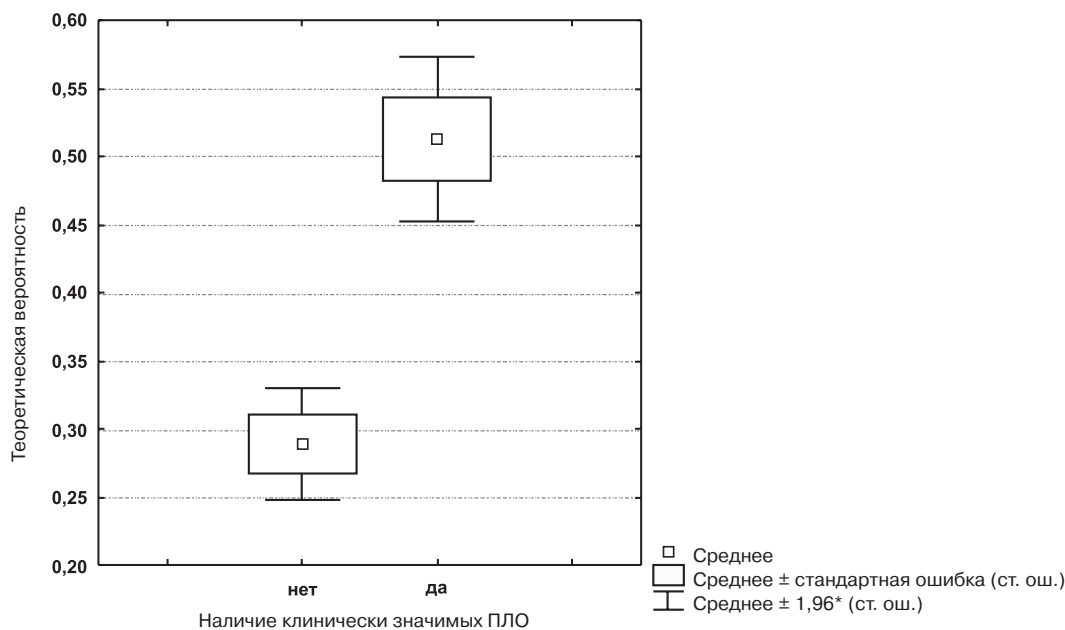


Рис. 4. Диаграмма размаха. Диапазон теоретических вероятностей возникновения ПЛО в группах пациентов с отсутствием («нет») и наличием («да») данного осложнения

выступил суммарный балл ( $OR=1,06$  ( $1,03-1,08$ );  $p=0,0000049$ ). По полученной модели была рассчитана теоретическая вероятность возникновения ПЛО для каждого пациента (рис. 3). Было подсчитано среднее значение суммарного балла для каждой группы: у кого нет ПЛО ( $0,289 \pm 0,021$ ) и у кого было ПЛО ( $0,51 \pm 0,028$ ) (рис. 4).

В группе пациентов с отсутствием ПЛО верхняя граница 95% доверительного интервала находится на уровне теоретической вероятности, равной 0,33, что соответствует 40 баллам по диаграмме рассеяния (см. рис. 3, 4). В группе пациентов с наличием ПЛО нижняя граница 95% доверительного интервала находится на уровне теоретической вероятности,

равной 0,46, что соответствует 51 баллу. Таким образом, были определены границы для шкалы вероятности развития ПЛО: если сумма баллов менее 40, то вероятность развития ПЛО низкая, если 40–51 – средняя, а если более 51 балла – высокая.

Показатели эффективности прогноза по разработанной шкале составили: чувствительность – 70%; специфичность – 74%; эффективность – 73%. Таким образом, согласно созданной шкале, если у пациента сумма баллов более 51, то он относится к группе высокого риска развития клинически значимых легочных осложнений в раннем послеоперационном периоде.

### Выводы

1. Факторами высокого риска развития легочных осложнений в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов являются ИМТ более 25 кг/м<sup>2</sup>; инфаркт миокарда в анамнезе; резервный объем выдоха менее 1,0 л; количество дренажей в грудной полости более двух; длительность операции более 330 мин; продолжительность постельного режима после интубации четверо суток и более.

2. На основании выявленных факторов риска разработана система прогнозирования риска развития легочных осложнений в раннем послеоперационном периоде у кардиохирургических пациентов. Сумма баллов менее 40 соответствует низкой, 40–51 – средней и более 51 – высокой вероятности развития легочных осложнений у данной категории больных.

3. Разработанная 6-факторная модель легка в применении и может быть использована для оценки вероятности развития легочных осложнений у пациентов после операций на сердце.

4. Своевременная идентификация кардиохирургических пациентов с высоким риском развития ПЛО поможет клиницистам назначать соответствующую терапию

и, соответственно, снижать процент развития таких осложнений.

5. Система периоперационной стратификации риска развития легочных осложнений полезна и при анализе финансовых затрат на лечение, и при оценке эффективности применения различных терапевтических вмешательств.

### Литература

1. *Баутин, А. Е.* Неинвазивная вентиляция легких при ОРДС у кардиохирургических больных / А. Е. Баутин, Г. Г. Хубулава, А. Б. Наумов, В. В. Оссовских // *Общая реаниматол.* – 2007. – Т. 3, № 3. – С. 65–70.
2. *Еременко, А. А.* Применение неинвазивной масочной вспомогательной вентиляции легких при остром респираторном дистресс-синдроме у кардиохирургических больных / А. А. Еременко, Д. И. Левиков, В. М. Егоров и др. // *Анестезиол. и реаниматол.* – 2004. – № 5. – С. 14–17.
3. *Berrizbeitia, L. D.* Effect of sternotomy and coronary bypass surgery on postoperative pulmonary mechanics: comparison of internal mammary and saphenous vein bypass grafts / L. D. Berrizbeitia, S. Tessler et al. // *Chest.* – 1989. – Vol. 96. – P. 873–876.
4. *Bonacchi, M.* Respiratory dysfunction after coronary artery bypass grafting employing bilateral internal mammary arteries: the influence of intact pleura / M. Bonacchi, E. Prifti, G. Giunti et al. // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2001. – Vol. 19, № 2. – P. 827–833 (Abstr.).
5. *Coplin, W. M.* Implications of extubation delay in brain-injured patients meeting standard weaning criteria / W. M. Coplin, D. J. Pierson, K. D. Cooley et al. // *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* – 2000. – Vol. 161. – P. 1530–1536.
6. *Cox, C. M.* Effect of cardiopulmonary bypass on pulmonary gas exchange: a prospective randomized study / C. M. Cox, R. Ascione, A. M. Cohen et al. // *Ann. Thorac. Surg.* – 2000. – Vol. 69. – P. 140–145.
7. *Engoren, M.* Variables predicting reintubation after cardiac surgical procedures / M. Engoren, N. F. Buderer, A. Zacharias, R. H. Habib // *Ann. Thorac. Surg.* – 1999. – Vol. 67, № 3. – P. 661–665 (Abstr.).
8. *Herlihy, J. P.* Course of weaning from prolonged mechanical ventilation after cardiac surgery / J. P. Herlihy, S. M. Koch, R. Jackson, H. Nora // *Tex. Heart Inst. J.* – 2006. – Vol. 33, № 2. – P. 122–129.
9. *Hulzebos, E. H. J.* Prediction of postoperative pulmonary complications on the basis of preoperative risk factors in patients who had undergone coronary artery bypass graft surgery / E. H. J. Hulzebos, N. L. U. Van Meeteren, R. A. De Bie et al. // *Phys. Ther.* – 2003. – Vol. 83, № 1. – P. 8–16.

10. *Hulzebos, E. H. J.* Preoperative intensive inspiratory muscle training to prevent postoperative pulmonary complications in high-risk patients undergoing CABG surgery: a randomized clinical trial / E. H. J. Hulzebos, P. J. M. Helders, N. J. Favie et al. // *JAMA*. – 2006. – Vol. 296, № 15. – P. 1851–1857.
11. *Ji, Q.* Study on the risk factors of postoperative hypoxemia in patients undergoing coronary artery bypass grafting / Q. Ji, Y. Mei, X. Wang et al. // *Circ. J.* – 2008. – Vol. 72. – P. 1975–1980.
12. *Kollef, M. H.* Chronic pleural effusion following coronary artery revascularization with the internal mammary artery / M. H. Kollef // *Chest*. – 1990. – Vol. 97. – P. 750–751.
13. *Kollef, M. H.* Delayed pleuropulmonary complications following coronary artery revascularization with the internal mammary artery / M. H. Kollef, T. Peller, A. Knodel, W. H. Cragun // *Chest*. – 1988. – Vol. 94. – P. 68–71.
14. *Landymore, R. W.* Pulmonary complications following myocardial revascularization with the internal mammary artery graft / R. W. Landymore, F. Howell // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 1990. – Vol. 4. – P. 156–161.
15. *Legare, J. F.* Off-pump coronary artery bypass graft surgery is standart of care: where do you stand? / J. F. Legare, G. Hirsch // *Can. J. Cardiol.* – 2006. – Vol. 22, № 13. – P. 1107–1110.
16. *Lida, Y.* Body mass index is negatively correlated with respiratory muscle weakness and interleukin-6 production after coronary artery bypass grafting / Y. Lida, S. Yamada, O. Nishida, T. Nakamura // *J. Crit. Care*. – 2010. – Vol. 25, № 1. – P. 172. e1–8 (Abstr.).
17. *Lizak, M. K.* Additional spirometry criteria predict postoperative complications after coronary artery bypass grafting (CABG) independently of concomitant chronic obstructive pulmonary disease. When is off-pump CABG beneficial? / M. K. Lizak, E. Nash, M. Zakliczyński et al. // *Pol. Arch. Med. Wewn.* – 2009. – Vol. 119, № 9. – P. 550–557.
18. *Montes, F. R.* Off-pump versus on-pump coronary artery bypass surgery and postoperative pulmonary dysfunction / F. R. Montes, J. D. Maldonado, S. Paez, F. Ariza // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* – 2004. – Vol. 18, № 6. – P. 698–703.
19. *Moulton, M. J.* Obesity is not a risk factor for significant adverse outcomes after cardiac surgery / M. J. Moulton, L. L. Creswell, M. E. Mackey et al. // *Circulation*. – 1996. – Vol. 94. – P. II87–II92 (Suppl. 9) (Abstr.).
20. *Ortiz, L. D. N.* Incidence of pulmonary complications in myocardial revascularization / L. D. N. Ortiz, C. W. Schaan, C. P. Leguisamo et al. // *Arq. Bras. Cardiol.* – 2010. – Vol. 95, № 4. – P. 441–447.
21. *Pasquina, P.* Prophylactic respiratory physiotherapy after cardiac surgery: systematic review / P. Pasquina, M. R. Tramer, B. Walder // *BMJ*. – 2003. – Vol. 327. – P. 1379.
22. *Rady, M. Y.* Early onset of acute pulmonary dysfunction after cardiovascular surgery: risk factors and clinical outcome / M. Y. Rady, T. Ryan, N. J. Starr // *Crit. Care Med.* – 1997. – Vol. 25, № 11. – P. 1831–1839 (Abstr.).
23. *Rady, M. Y.* Perioperative predictors of extubation failure and the effect on clinical outcome after cardiac surgery / M. Y. Rady, T. Ryan // *Crit. Care Med.* – 1999. – Vol. 27, № 2. – P. 340–347 (Abstr.).
24. *Shapira, N.* Determinants of pulmonary function in patients undergoing coronary bypass operations / N. Shapira, S. M. Zabatino, S. Ahmed et al. // *Ann. Thorac. Surg.* – 1990. – Vol. 50, № 2. – P. 268–273 (Abstr.).
25. *Suematsu, Y.* Predictive risk factors for delayed extubation in patients undergoing coronary artery bypass grafting / Y. Suematsu, H. Sato, T. Ohtsuka et al. // *Heart Vessels*. – 2000. – Vol. 15, № 5. – P. 214–220.
26. *Walthall, H.* Do any preoperative variables affect extubation time after coronary artery bypass graft surgery? / H. Walthall, D. Robson, S. Ray // *Heart Lung*. – 2001. – Vol. 30, № 3. – P. 216–224 (Abstr.).
27. *Weiss, Y. G.* Postcardiopulmonary bypass hypoxemia: a prospective study on incidence, risk factors, and clinical significance / Y. G. Weiss, G. Merin, E. Koganov et al. // *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* – 2000. – Vol. 14, № 5. – P. 506–513 (Abstr.).
28. *Weissman, C.* Pulmonary function after cardiac and thoracic surgery / C. Weissman // *Anesth. Analg.* – 1999. – Vol. 88. – P. 1272–1279.
29. *Wilcox, P.* Phrenic nerve function and its relationship to atelectasis after coronary artery bypass surgery / P. Wilcox, E. M. Baile, J. Hards et al. // *Chest*. – 1988. – Vol. 93, № 4. – P. 693–698 (Abstr.).

Поступила 27.01.2012