

## Роль комплексной оценки показателей функции внешнего дыхания у пациентов с кардиохирургической патологией

О.В. КАМЕНСКАЯ<sup>1</sup>, А.С. КЛИНКОВА<sup>1</sup>, И.Ю. ЛОГИНОВА<sup>1</sup>, В.В. ЛОМИВОРОТОВ<sup>1</sup>, Д.Н. ПОНОМАРЕВ<sup>1</sup>, Д.В. ХАБАРОВ<sup>2</sup>, В.Н. ЛОМИВОРОТОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБУ «Сибирский федеральный биомедицинский исследовательский центр им. акад. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России, Новосибирск, Россия; <sup>2</sup>ФГБУ «НИИ клинической и экспериментальной лимфологии» СО РАН, Минздрава России, Новосибирск, Россия

### Аннотация

Обзор посвящен актуальности комплексной оценки функции внешнего дыхания при сердечно-сосудистых заболеваниях (ССЗ), включая анализ современных методик, таких как спирометрия, бодиплетизмография, исследование диффузионной способности легких, определение потребления кислорода с оценкой эффективности легочной вентиляции. Рассмотрены патогенетические звенья нарушений легочной вентиляции и газообмена, развивающиеся при различных ССЗ, а также во время кардиохирургических вмешательств и после них. Проанализированы результаты мировых исследований и собственный опыт, подчеркивающие прогностическую значимость функциональных легочных тестов и свидетельствующие о необходимости всесторонней функциональной оценки дыхательной системы у пациентов кардиохирургического профиля для эффективной предоперационной подготовки пациента, оценки и снижения операционного риска, улучшения прогноза хирургического лечения.

*Ключевые слова:* функция внешнего дыхания, функциональные легочные тесты, сердечно-сосудистые заболевания.

## The role of integrated assessment of the indicators of external respiration function in cardiac surgical patients

O.V. KAMENSKAYA<sup>1</sup>, A.S. KLINKOVA<sup>1</sup>, I.Yu. LOGINOVA<sup>1</sup>, V.V. LOMIVOROTOV<sup>1</sup>, D.N. PONOMAREV<sup>1</sup>, D.V. KHABAROV<sup>2</sup>, V.N. LOMIVOROTOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Acad. E.N. Meshalkin Siberian Federal Biomedical Research Center, Ministry of Health of Russia, Novosibirsk, Russia; <sup>2</sup>Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Ministry of Health of Russia, Novosibirsk, Russia

This literature review dedicated to the importance of an integrated assessment of external respiratory function in cardiovascular diseases (CVDs), including an analysis of up-to-date techniques, such as spirometry, body plethysmography, examination of the diffusing capacity of the lung, determination of O<sub>2</sub> consumption with evaluation of the effectiveness of pulmonary ventilation. It considers the pathogenetic components of impairments in pulmonary ventilation and gas exchange, which develop in different CVDs, as well as during and after cardiac surgery. The authors analyze the results of international investigations and their own experience, which emphasize the prognostic value of lung function tests and suggest that there is a need for a comprehensive functional assessment of the respiratory system in cardiac surgical patients for their effective preoperative preparation, assessment and reduction of operational risks, and improvement of the prognosis of surgical treatment.

*Keywords:* external respiratory function, lung function tests, cardiovascular diseases.

ДН — дыхательная недостаточность  
ДО — дыхательный объем  
ДСЛ — диффузионная способность легких  
ЖЕЛ — жизненная емкость легких  
ИБС — ишемическая болезнь легких  
ИВЛ — искусственная вентиляция легких  
ИК — искусственное кровообращение  
КИО<sub>2</sub> — коэффициент использования кислорода  
ЛА — легочная артерия  
ЛГ — легочная гипертензия  
МКК — малый круг кровообращения  
МОД — минутный объем дыхания  
МОС — максимальная объемная скорость

ОЕЛ — общая емкость легких  
ООЛ — остаточный объем легких  
ОФВ<sub>1</sub> — объем форсированного выдоха за 1-ю секунду  
ССЗ — сердечно-сосудистые заболевания  
ФВД — функция внешнего дыхания  
ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких  
ФОЕ — функциональная остаточная емкость  
ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких  
ХПЭЛГ — хроническая постэмболическая легочная гипертензия  
ХТЭЛА — хроническая тромбоэмболия легочной артерии  
ЧД — частота дыхания

В современном здравоохранении одной из самых серьезных проблем остаются сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ). Именно данная патология определяет значительное снижение качества жизни и сокращение ее продолжительности, особенно на фоне влияния различных факторов риска [1].

Потребность населения в кардиохирургических операциях определена рядом исследований в экономически развитых стра-

нах и составляет 1700 операций на 1 млн населения: 1100 операций при ишемической болезни сердца (ИБС), 350 операций — при приобретенных пороках сердца, 250 операций при врожденных пороках сердца. В России потребность населения в высокотехнологичной медицинской помощи является аналогичной [2]. В связи с этим кардиохирургия традиционно занимает позиции одной из наиболее динамично развивающихся отраслей медици-

ны с характерным постоянным совершенствованием хирургической техники и анестезиологического обеспечения. Это привело как к снижению летальности, так и к появлению возможности выполнения операций пациентам с различной сопутствующей патологией.

На фоне подобных успехов не может не волновать, что проблема послеоперационных нарушений функций системы дыхания остается не менее актуальной, чем в конце прошлого века [3, 4]. В связи с этим перед терапевтами, кардиологами и пульмонологами встает задача предварительной (догоспитальной) всесторонней оценки бронхолегочной системы у больных данной категории.

Полноценная диагностика функции внешнего дыхания (ФВД) на догоспитальном (поликлиническом) либо предоперационном этапе предполагает проведение исследований нескольких типов, результаты которых дают представление о различных аспектах работы легких: 1) вентиляция легочных альвеол; 2) диффузия газов через альвеолярно-капиллярный барьер; 3) перфузия легких. Нарушение хотя бы одного из этих процессов в отдельности, а тем более в различной их комбинации может привести к дыхательной недостаточности (ДН) [5]. Из этого следует, что в группу клинически важных тестов по оценке функции легких должны включаться спирометрия, бодиплетизмография, оценка диффузионной способности легких (ДСЛ), определение потребления кислорода в покое с целью оценки эффективности легочной вентиляции. Всесторонняя оценка бронхолегочной системы может во многом способствовать более точному и своевременному определению показаний и противопоказаний к операции, повышению эффективности хирургического лечения больных, так как некоторые из показателей ФВД позволяют прогнозировать исход операции. В свою очередь послеоперационные осложнения в виде нарушений респираторной системы приводят к увеличению сроков пребывания больных в стационаре и экономических затрат [6, 7].

Целью данного обзора явилось обсуждение значимости комплексного исследования ФВД у кардиохирургических больных для выявления сопутствующей бронхолегочной патологии и оценки риска развития осложнений после хирургического лечения.

Среди методов оценки ФВД наиболее распространена спирометрия, при которой определяются статические и динамические показатели вентиляции, включая кривые поток—объем, объем—время. Оцениваются такие параметры, как дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха, резервный объем выдоха, жизненная емкость легких (ЖЕЛ), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за 1-ю секунду (ОФВ<sub>1</sub>), индекс Тиффно (ОФВ<sub>1</sub>/ФЖЕЛ), пиковая объемная скорость выдоха, максимальная объемная скорость (МОС) на 25%, 50% и 75% ФЖЕЛ, средняя объемная скорость воздушного потока в средней части экспираторного маневра между 25% и 75% ФЖЕЛ [4]. Перечисленные параметры информативны при оценке обструктивных расстройств легочной вентиляции [8]. Рестриктивные расстройства могут быть достаточно надежно диагностированы лишь в случае, если они не сочетаются с нарушением бронхиальной проходимости, т.е. в отсутствие смешанных расстройств легочной вентиляции.

Между тем на практике чаще всего встречаются именно смешанные расстройства (например, при хроническом обструктивном бронхите, осложненном эмфиземой и пневмосклерозом). В этих случаях нарушения легочной вентиляции могут быть диагностированы при помощи анализа величины легочных объемов, в частности структуры общей емкости легких (ОЕЛ). Для вычисления ОЕЛ необходимо определить функциональную остаточную емкость (ФОЕ) легких и рассчитать показатели остаточного объема легких (ООЛ). Данные параметры можно определять только методом бодиплетизмографии [9]. Этим же методом определяют такой показатель, как сопротивление бронхов, необходимое для характеристики их обструкции. Показатели сопротивления дыхательных путей позволяют дифференцировать истинную обструкцию от функциональных нарушений. Максимальный вдох и форсированный выдох могут вызывать сужение бронхов, вследствие чего иногда при назначении бронходилататоров ОФВ<sub>1</sub> остается прежним или даже снижается. В этих случаях появляется необходимость измерения сопротивления воздухоносных путей методом бодиплетизмографии, которое при обратимой бронхообструкции снижается [9].

Современное комплексное исследование ФВД включает измерение ДСЛ — оценку газообменной функции легких. Исследование диффузии применяется главным образом для диагностики эмфиземы или легочного фиброза у больных с интерстициальными заболеваниями легких и заболеваниями легочных сосудов. Метод позволяет оценить альвеолярный объем, т.е. фактически вентилируемый объем, и DLCO — показатель работы альвеолярно-капиллярной мембраны. Метод однократного вдоха с задержкой дыхания является наиболее предпочтительным тестом, рекомендуемым Американским торакальным обществом и Европейским респираторным обществом, поскольку он один из самых надежных и доступных [10]. Для правильной интерпретации результатов исследования ДСЛ следует учитывать данные спирометрии и исследования легочных объемов.

Исследование эффективности легочной вентиляции в покое путем вычисления коэффициента использования кислорода (КИО<sub>2</sub>, мл/л) позволяет оценить степень напряжения адаптационных механизмов ФВД. С помощью газоанализатора регистрируется потребление O<sub>2</sub> и вычисляется КИО<sub>2</sub> — отношение поглощенного O<sub>2</sub> (в мл/мин) к минутному объему дыхания (МОД, л/мин). В норме КИО<sub>2</sub> составляет 35—40 мл/л. При кардиохирургической патологии в условиях гипоксии данный показатель может значительно снижаться [7].

В настоящее время остается актуальной проблема своевременной и адекватной диагностики бронхолегочной патологии у кардиохирургических больных на дооперационном этапе, а также прогностической значимости показателей ФВД в развитии послеоперационных осложнений [11, 12]. По результатам проспективного когортного исследования, оценка ФВД у пациентов с ИБС в предоперационном периоде позволила впервые выявить различные синдромы поражения бронхолегочной системы, в том числе обструкцию бронхов [13]. В данной работе показана неполноценная диагностика синдрома обструкции бронхов на амбулаторном этапе — у 11,2% пациентов с ИБС не установлен диагноз хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ). У 2,3% пациентов с диагнозом ХОБЛ не выявили обструкции бронхов. Таким образом, диагностика ХОБЛ оказалась ошибочной в 13,5% случаев. В другом исследовании продемонстрировано, что оценка ФВД в предоперационном периоде позволяет выявить различные синдромы поражения бронхолегочной системы у 50,7% обследованных больных ИБС, причому 50% из них патология ранее не диагностировалась [14].

В медицинском центре Университета Миннесоты проводилось исследование ФВД у 1169 больных с различной кардиохирургической патологией для сравнения распространенности нарушений респираторной функции с частотой документально

#### Контактная информация:

Климова Ася Станиславовна — к.м.н., н.с. группы клинической физиологии; 630055 Новосибирск, ул. Речкуновская, 15; тел.: +7(905)095-2075; e-mail: klinkovaas@ngs.ru

#### Сведения об авторах

Каменская Оксана Васильевна — д.м.н., в.н.с. группы клинической физиологии

Логинова Ирина Юрьевна — к.б.н., с.н.с. группы клинической физиологии

Ломиворотов Владимир Владимирович — д.м.н., чл.-корр. РАН, рук. Центра анестезиологии и реаниматологии

Пономарев Дмитрий Николаевич — к.м.н., врач-анестезиолог-реаниматолог отделения анестезиологии-реанимации

Хабаров Дмитрий Владимирович — д.м.н., в.н.с. лаб. оперативной лимфологии и лимфодетоксикации

Ломиворотов Владимир Николаевич — д.м.н., проф. группы послевузовского постдипломного образования Учебного центра

подтвержденного диагноза ХОБЛ, а также для изучения связи предоперационного состояния ФВД с исходом операции [15]. В данном исследовании показано, что из 483 больных, имеющих в анамнезе ХОБЛ у 178 (37%) при спирографии не выявлено бронхообструкции и, напротив, у 186 пациентов без ХОБЛ в анамнезе при исследовании ФВД регистрировался бронхообструктивный синдром. Таким образом, с помощью предоперационного тестирования ФВД у 364 (31%) пациентов проведена коррекция диагноза ХОБЛ. Кроме того, умеренная и выраженная обструкция дыхательных путей ( $ОФВ_1 < 80\%$ , индекс Тиффно  $< 70\%$  от нормы) и низкая ДСЛ ( $DLCO < 50\%$  от нормы) явились независимыми предикторами постоперационной летальности, продленной искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и длительности пребывания в стационаре. На основании исследования авторы делают вывод, что спирографию следует проводить всем больным, направленным на кардиохирургическое лечение, а параметры ОФВ<sub>1</sub> и показатели ДСЛ должны быть включены в прогностические модели, оценивающие операционный риск.

Другими авторами оценивалась роль тяжести ХОБЛ у больных ИБС в развитии осложнений в послеоперационный период [16]. В данном исследовании выявлена прямая связь между тяжелой степенью ХОБЛ ( $ОФВ_1 < 50\%$  от должного) и развитием ДН после операции. Таким образом, более детальное и углубленное изучение показателей ФВД способствует выявлению предикторов развития осложненного течения госпитального периода после кардиохирургических вмешательств.

Нередкое сочетание ИБС с ХОБЛ во многом связано с едиными факторами риска, механизмами развития и прогрессирования этих заболеваний, объясняя их взаимное отягощение [17]. Наличие нескольких заболеваний у одного больного — актуальная проблема как для кардиологов, пульмонологов, так и для кардиохирургов [18]. К настоящему времени проведены исследования, демонстрирующие существование прямой ассоциативной связи между ХОБЛ и кардиоваскулярными клиническими исходами [19], смертностью от инфаркта миокарда после коронарного шунтирования [20].

У больных с сочетанной патологией (ИБС + ХОБЛ) одной из основных причин прогрессивного ухудшения состояния является легочная гипертензия (ЛГ). Обусловленная гипоксемией ЛГ при ХОБЛ способствует активации фибробластов и развитию периваскулярного интерстициального фиброза миокарда. Иницированный гипоксией и развитием сердечной недостаточности клеточный апоптоз перестает играть адаптивную роль и определяет формирование одного из звеньев патогенеза сердечной недостаточности и снижения сократительной функции миокарда [21]. В результате снижения сократительной функции миокарда происходит переполнение кровью малого круга кровообращения (МКК), а также облитерация сосудистого русла — результат воспалительного процесса в дыхательных путях, развития эмфиземы, пневмосклероза, что способствует уменьшению объема сосудистого русла МКК, ремоделированию легочных сосудов с уменьшением их внутреннего диаметра и соответственно нарастанию гипоксии [22]. На фоне изложенных изменений у больных с изолированной ИБС и с сочетанной бронхолегочной патологией могут развиваться различные по степени вентиляционные нарушения с разными компенсаторно-приспособительными реакциями.

Помимо механизмов взаимного отягощения легочной патологии и ССЗ, наличия вентиляционно-перфузионных нарушений при изолированных кардиохирургических заболеваниях, большое влияние на состояние ФВД оказывает непосредственно хирургическое вмешательство.

Развитие респираторных нарушений при кардиохирургических вмешательствах обусловлено как влиянием неспецифических факторов, характерных для торакальной хирургии (ателектазы, повреждение диафрагмального нерва, экссудативный перикардит), так и специфических нарушений, таких как реперфузионный синдром, влияние искусственного кровообращения (ИК).

Большинство кардиохирургических вмешательств осуществляется в условиях ИК. Развитие воспалительного ответа в результате контакта стенок аппарата ИК с компонентами крови

могут вызывать повреждения в легких — от микроскопических изменений до синдрома повышенной проницаемости капилляров с острой ДН. Клиническая значимость данных механических повреждений зависит как от исходного резервного объема легких пациента, так и от длительности самого ИК [23]. Ишемически-реперфузионное повреждение легких и ИК коррелируют с уменьшением кровотока по бронхиальным артериям, приводящего к ишемии ткани легких. Легкие имеют бимодальное кровоснабжение из легочной и бронхиальных артерий с обширной сетью анастомозов, однако во время ИК кровоток по бронхиальным артериям обеспечивает не более 5% потребности легочной ткани в  $O_2$  даже в условиях системной гипотермии [24]. Результатом является развитие регионарного воспалительного ответа, приводящего к значительному скоплению альбумина, лактатдегидрогеназы, нейтрофилов и эластазы в бронхоальвеолярной жидкости, значительным высвобождением легочных цитокинов и активации альвеолярных макрофагов [25]. В свою очередь гиповентиляция легких во время ИК является ответственной за развитие микроателектазов, гидростатического отека легких и высокую частоту инфекционных осложнений [26].

Частыми последствиями кардиохирургических операций являются также острые рестриктивные заболевания легких, обусловленные анестезиологическим обеспечением и хирургической тактикой [27]. Наркоз и использование миорелаксантов уменьшают ФОЕ легких, в результате изменяют форму и движение грудной клетки. Поток газа преимущественно распределяется среди несдавленных участков легкого. Это вызывает несоответствие вентиляционно-перфузионных отношений и способствует развитию гиповентиляции сдавленных участков [28]. Таким образом, влияние кардиохирургического вмешательства на бронхолегочную систему многофакторно, а наличие исходных нарушений ФВД у кардиохирургических больных может в разы увеличивать риск развития и тяжесть кардиореспираторных осложнений.

В данном обзоре мы рассмотрим такие наиболее распространенные кардиохирургические заболевания, как ИБС и приобретенные пороки сердца, а также наиболее тяжелую категорию пациентов кардиохирургического профиля — пациентов с хронической тромбоэмболией легочной артерии (ХТЭЛА).

Известно, что ИБС без сопутствующей патологии сопровождается умеренным снижением проводимости бронхов и умеренной гипервентиляцией с возрастанием МОД преимущественно за счет увеличения ДО [29]. Этот механизм адаптации к гипоксии наиболее физиологичен (способствует увеличению потребления  $O_2$ ) и соответственно поддерживает эффективность легочной вентиляции на оптимальном уровне — КИО<sub>2</sub> регистрировался в пределах нормы [30]. Присоединение ХОБЛ у пациентов с ИБС характеризуется возрастанием напряжения адаптационных механизмов респираторной системы на фоне значительного снижения проводимости бронхов. Это отражается в выраженной гипервентиляции преимущественно за счет частоты дыхания (ЧД). Возрастание ЧД способствует снижению диффузии газов, в итоге КИО<sub>2</sub> снижается более чем на 20% от нормы. У данных пациентов увеличение бронхиального сопротивления приводит к легочной гиперинфляции (увеличение ООЛ), что способствует увеличению давления в легочной артерии (ЛА). В данной группе среднее давление в ЛА оставалось в пределах 24 мм рт.ст., у больных с изолированной ИБС — в пределах 15 мм рт.ст. ( $p < 0,05$ ). Таким образом, настоящее исследование подтвердило взаимное утяжеление течения ИБС и ХОБЛ. В этой работе также показано, что сопутствующая ХОБЛ у пациентов с ИБС является предиктором развития госпитальных сердечно-сосудистых и респираторных осложнений после коронарного шунтирования. При этом сочетание  $ОФВ_1$  (менее 60% от нормы) с увеличением ООЛ (более 130%) являлось достоверным предиктором увеличения длительности ИВЛ. Исходный уровень КИО<sub>2</sub> менее 20 мл/л также проявил независимую предикторную ценность в увеличении продолжительности ИВЛ.

Среди ССЗ после ИБС наиболее распространенными являются приобретенные пороки сердца [31]. Типичное осложнение ревматической болезни сердца — венная ЛГ, являющаяся ведущим фактором развития и прогрессирования хронической сер-

дечной недостаточности. Повышенное давление в легочных венах и соответственно в капиллярах не может не влиять на ФВД, так как ЛГ способствует развитию морфологических изменений во всех слоях сосудов МКК. Данные изменения приводят к снижению ДСЛ и дальнейшему прогрессированию ЛГ за счет развития гипоксемии [32]. Исследования, посвященные изучению ФВД у больных с приобретенными пороками сердца, единичны. При этом не рассматривались различные параметры ФВД в качестве возможных предикторов осложнений в ранний послеоперационный период у больных данной категории.

В одном исследовании, в котором изучалась ФВД у пациентов с ревматическим поражением митрального клапана до и после коррекции порока в условиях ИК, у 76% больных исходно отмечено умеренное снижение таких показателей, как ЖЕЛ, ОФВ<sub>1</sub>, пиковая объемная скорость выдоха, ОЕЛ [32]. В этом случае наблюдался смешанный тип нарушения ФВД. До операции ДСЛ была снижена у всех пациентов не менее чем на 30% от нормы. В ближайший месяц после хирургического лечения снижение показателей ФВД сохранялось. Достоверное увеличение изложенных параметров, включая ДСЛ, наблюдалось только через 3 мес после коррекции порока. Таким образом, в результате фиброзных изменений легочной паренхимы, снижения эластической отдачи на фоне застоя в МКК и ремоделирования легочных сосудов бронхолегочная система не в состоянии быстро вернуть к норме инспираторно-экспираторные показатели, а также функцию газообмена. Это необходимо учитывать у данных пациентов как до хирургического лечения, так и в период реабилитации.

Необходимо отдельно осветить тему одной из наиболее тяжелых кардиохирургических патологий — ХТЭЛА. Серьезным, прогностически неблагоприятным осложнением ХТЭЛА является хроническая постэмболическая ЛГ (ХПЭЛГ). Наряду с высоким систолическим давлением в правом желудочке при ХПЭЛГ наблюдается высокое сопротивление сосудов МКК [33]. Клинические признаки ХТЭЛА, особенно в случае поражения мелких ветвей ЛА, малоспецифичны, связаны с расстройствами дыхания, что делает проблему ХПЭЛГ актуальной для многих направлений медицины, таких как сосудистая хирургия, кардиология и пульмонология [34].

Респираторные нарушения при ХПЭЛГ заключаются в появлении перфузируемого, но вентилируемого участка легочной ткани. Пораженный участок легочной ткани исключен из газообмена, в результате чего эффективность вентиляции значительно снижается [35]. Для компенсации функции перфузируемых участков легких повышается потребление O<sub>2</sub> функционирующими альвеолярными регионами. Однако, как показывают исследования, это не обеспечивает адекватной эффективности вентиляции у пациентов с ХПЭЛГ [35].

Результаты исследования ФВД у пациентов с ХТЭЛА единичны и противоречивы. Так, корейскими авторами в первом национальном исследовании изучались некоторые из основных параметров ФВД (ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ) и ДСЛ у больных ХТЭЛА двух групп: 1-я группа с поражением проксимальных ветвей ЛА и 2-я группа с поражением дистальных ветвей ЛА [36]. В данной работе выявлены статистически значимо более низкие значения ДСЛ в 1-й группе больных (69% от нормы) по сравнению со 2-й (88% от

нормы). Показатели ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ в обеих группах не были снижены и составили более 80% от нормы. Среднее давление в ЛА определено только в общей группе и составило 39,6±18,6 мм рт.ст. Снижение ДСЛ у пациентов с поражением проксимальных ветвей ЛА авторы объясняют увеличением толщины альвеолярно-капиллярной мембраны в результате фиброзных или пролиферативных изменений легочной ткани на фоне гипоксии [37].

По нашим данным, у пациентов с ХТЭЛА отмечено изменение ФВД по обструктивному и рестриктивному типу за счет умеренного снижения ЖЕЛ и всех показателей, отвечающих за проходимость воздухоносных путей: ОФВ<sub>1</sub>, ФЖЕЛ, МОС<sub>25</sub>, МОС<sub>50</sub>, МОС<sub>75</sub>. На фоне снижения проводимости бронхов зарегистрировано увеличение ООЛ, что может указывать на наличие «воздушных ловушек», приводящих к снижению полезного объема легких. Через рефлекторную активацию дыхательного центра увеличивался МОД преимущественно за счет увеличения ДО. По мере нарастания МОД снижается эффективность вентиляции легких [38]. В отдаленном периоде после операции (через 12 мес) отмечено увеличение ОФВ<sub>1</sub> ( $p < 0,05$ ). При этом сохранялось умеренное снижение проводимости бронхов по крупным, средним и мелким бронхам. Кроме того, у данных больных отмечено увеличение КИО<sub>2</sub> с 62 до 85% от нормы ( $p < 0,05$ ). Увеличение КИО<sub>2</sub> обусловлено снижением напряжения механизмов адаптации к гипоксии в виде снижения МОД на фоне положительных изменений гемодинамических показателей МКК и улучшения параметров внутрисердечной гемодинамики. Динамика ФВД с оценкой потребления O<sub>2</sub> на фоне структурно-функциональных изменений камер сердца после хирургического лечения больных ХТЭЛА является важным показателем степени восстановления эффективности вентиляции легких и определяет качество жизни и дальнейшую тактику ведения пациентов. Этот вопрос нуждается в детальном изучении, поскольку в литературе данных по этой проблеме практически нет.

Другие авторы также выявили изменения ФВД по обструктивному и рестриктивному типу у больных ХТЭЛГ в сравнении со здоровой группой, что выразилось в статистически значимом снижении ЖЕЛ (с 73 до 83% от нормы) и ОФВ<sub>1</sub> (до 80% от нормы). Тем не менее авторы заявляют о необходимости дополнительных исследований в этом направлении, включающих применение таких методов, как определение ДСЛ [39]. К сожалению, в литературе не встречаются данные по изучению параметров ФВД у больных ХТЭЛА в качестве предикторов послеоперационных осложнений.

В заключении следует отметить, что в связи с многообразием факторов, воздействующих на ФВД у кардиохирургических больных, важная роль принадлежит комплексному исследованию ФВД, включающему спирометрию, бодиплетизмографию, определение ДСЛ и оценку эффективности вентиляции легких. Это обеспечит наиболее полноценную подготовку пациента к хирургическому вмешательству, даст более объективную оценку операционного риска, позволит определить прогноз и повысить эффективность хирургического лечения в ближайшие и отдаленные сроки после операции.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бойцов С.А. Структура факторов сердечно-сосудистого риска и качество мер их профилактики в первичном звене здравоохранения в России и в Европейских странах (по результатам исследования EURIKA). *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2012;11(1):11-16. [Bojcov SA. The structure of the factors of cardiovascular risk, and the quality of their prevention in primary health care in Russia and in European countries (according to a study EURIKA). *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2012;11(1):11-16. (In Russ.).]
2. Базылев В.В., Шутов Д.Б., Асташкин А.Ф., Черногровов А.Е. Организационные основы повышения доступности кардиохирургической помощи населению на примере Пензенской области. *Вестник Росздравнадзора*. 2015;5:19-25. [Bazylev VV, Shutov DB, Astashkin AF, Chernogrovov AE. Organizational basis for increasing the availability of cardiac surgery care to the population by the example of the Penza region. *Vestnik Roszdravnadzora*. 2015;5:19-25. (In Russ.).]

3. Apostolakis E, Filos KS, Koletsis E, Dougenis D. Lung dysfunction following cardiopulmonary bypass. *J Card Surg.* 2010;25(1):47-55. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8191.2009.00823>
4. Stephens RS, Shah AS, Whitman GJR. Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome After Cardiac Surgery. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2013;95:1122-1129. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.10.024>
5. Macedo FIB, Carvalho EM, Gologorsky E, Barron M, Hassan M, Salerno TA. Gas Exchange During Lung Perfusion/Ventilation During Cardiopulmonary Bypass: Preliminary Results of A Pilot Study. *Open Journal of Cardiovascular Surgery.* 2010;3:1-7. <https://doi.org/10.4137/OJCS.S4109>
6. Adabag AS, Wassif HS, Rice K, Mithani S, Johnson D, Bonawitz-Conlin J, Ward HB, McFalls EO, Kuskowski MA, Kelly RF. Preoperative pulmonary function and mortality after cardiac surgery. *American Heart Journal.* 2010;159(4):691-697. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2009.12.039>
7. Каменская О.В., Клиникова А.С., Ломиворотов В.В., Пономарев Д.Н., Чернявский А.М., Караськов А.М. Риск развития осложнений при коронарном шунтировании с учетом эффективности легочной вентиляции. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2015;19(3):68-73. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2015-3-68-73>
8. Черняк А.В. Клиническая значимость спирометрии при хронической обструктивной болезни легких. *Практическая пульмонология.* 2014;4:24-27. [Chernjak AV. The clinical significance of spirometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Prakticheskaja pul'monologija.* 2014;4:24-27. (In Russ.)].
9. Чучалин А.Г. *Клинические рекомендации. Пульмонология.* М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008. [Chuchalin AG. *Clinical recommendations. Pulmonology.* М.: GEOTAR-Media; 2008. (In Russ.)].
10. Pellegrino R. Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal.* 2005;26(5):948-968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>
11. Ortiz LDN, Schaan CW, Leguisamo CP, Tremarin K, Mattos WLL, Kafil RA. Incidence of pulmonary complications in myocardial revascularization. *Arq Bras Cardiol.* 2010;95(4):441-447. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2010005000115>
12. Silva DR, Gazzana MB, Knorst MM. Merit of preoperative clinical findings and functional pulmonary evaluation as predictors of postoperative pulmonary complications. *Rev Assoc Med Bras.* 2010;56:551-557. <https://doi.org/10.1590/s0104-42302010000500016>
13. Пономарев Д.Н., Каменская О.В., Клиникова А.С., Ломиворотов В.В., Чернявский А.М. Влияние синдрома бронхиальной обструкции на периоперационные характеристики у пациентов при аортокоронарном шунтировании: промежуточные результаты проспективного когортного исследования. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2015;19(4):72-78. [Ponomarev DN, Kamenskaya OV, Klinikova AS, Lomivorotov VV, Cherniavsky AM. Impact of bronchial obstruction syndrome in the perioperative characteristics in patients with coronary artery bypass surgery: interim results of a prospective cohort study. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2015;19(4):72-78. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2015-4-72-78>
14. Баздырев Е.Д., Байракова Ю.В., Казачек Я.В. Безденежных НА., Поликутина О.М., Слупынина Ю.С., Барбараш О.Л. Патология респираторной системы у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск).* 2012;112(5):46-50. [Bazdyrev ED, Bajrakova YuV, Kazachek JaV, Bezdenezhnyh NA, Polikutina OM, Slepynina YuS, Barbarash OL. Pathology of the respiratory system in patients with coronary heart disease. *Sibirskij medicinskij zhurnal (Irkutsk).* 2012;112(5):46-50. (In Russ.)].
15. Adabag AS, Wassif HS, Rice K, Mithani S, Johnson D, Bonawitz-Conlin J, Ward HB, McFalls EO, Kuskowski MA, Kelly RF. Preoperative pulmonary function and mortality after cardiac surgery. *American Heart Journal.* 2010;159(4):691-697. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2009.12.039>
16. Najafi M, Sheikvatan M, Mortazavi S. Do preoperative pulmonary function indices predict morbidity after coronary artery bypass surgery? *Ann Card Anaesth.* 2015;18(3):293-298. <https://doi.org/10.4103/0971-9784.159796>
17. Ахминеева А.Х. Биохимические маркеры дисфункции эндотелия при хронической обструктивной болезни легких в сочетании с гипертонической болезнью, ишемической болезнью сердца. *Терапевтический архив.* 2014;86(3):20-23. [Ahmineeva AH. Biochemical markers of endothelial dysfunction in patients with chronic obstructive pulmonary disease in combination with hypertension, coronary heart disease. *Terapevticheskij arkhiv.* 2014;86(3):20-23. (In Russ.)].
18. Горелик И.Л., Калманова Е.Н., Айсанов З.Р., Чучалин А.Г. Функционально-структурные изменения сердца при хронической обструктивной болезни легких в сочетании с ишемической болезнью сердца. *Пульмонология.* 2010;1:100-105. [Gorelik IL, Kalmanova EN, Ajsanov ZR, Chuchalin AG. Functional and structural changes of the heart in patients with chronic obstructive pulmonary disease combined with coronary heart disease. *Pul'monologiya.* 2010;1:100-105. (In Russ.)].
19. Macchia A, Rodriguez Moncalvo JJ, Kleinert M, Comignani PD, Gimeno G, Arakaki D, Laffaye N, Fuselli JJ, Massolin HP, Gambarte J, Romero M, Tognoni G. Unrecognised ventricular dysfunction in COPD. *European Respiratory Journal.* 2011;39(1):51-58. <https://doi.org/10.1183/09031936.00044411>
20. Wakabayashi K, Gonzalez MA, Delhaye C, Ben-Dor I, Maluenda G, Collins SD, Syed AI, Gaglia MA, Torguson R, Xue Z, Sudath WO, Satler LF, Kent KM, Lindsay J, Pichard AD, Waxman R. Impact of Chronic Obstructive Pulmonary Disease on Acute-Phase Outcome of Myocardial Infarction. *American Journal of Cardiology.* 2010;106(3):305-309. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.03.026>
21. Соловьева И.А., Крапошина А.Ю., Собко Е.А., Демко И.В. Значение остеопонтина в формировании диастолической дисфункции правого желудочка у больных атопической бронхиальной астмой. *Пульмонология.* 2015;25(3):333-339. [Solov'eva IA, Kraposhina AYU, Sobko EA, Demko IV. The value of osteopontin in the formation of right ventricular diastolic dysfunction in patients with atopic asthma. *Pul'monologiya.* 2015;25(3):333-339. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18093/0869-0189-2015-25-3-333-339>
22. Игнатова Г.Л., Антонов В.Н. Легочная гипертензия у больных с хронической обструктивной болезнью легких и ишемической болезнью сердца. *Русский медицинский журнал.* 2014;3:1718-1721. [Ignatova GL, Antonov VN. Pulmonary hypertension in patients with chronic obstructive pulmonary disease and coronary heart disease. 2014;3:1718-1721. (In Russ.)].
23. Ji Q, Mei Y, Wang X, Feng J, Cai J, Ding W. Risk Factors for Pulmonary Complications Following Cardiac Surgery with Cardiopulmonary Bypass. *International Journal of Medical Sciences.* 2013;10(11):1578-1583. <https://doi.org/10.7150/ijms.6904>
24. Gagnon J, Laporta D, Beique F, Langlois Y, Morin J-F. Clinical relevance of ventilation during cardiopulmonary bypass in the prevention of postoperative lung dysfunction. *Perfusion.* 2010;25(4):205-210. <https://doi.org/10.1177/0267659110373839>
25. Den Hengst WA, Giels JF, Lin JY, Van Schil PE, De Windt LJ, Moens AL. Lung ischemia-reperfusion injury: a molecular and clinical view on a complex pathophysiological process. *AJP: Heart and Circulatory Physiology.* 2010;299(5):1283-1299. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00251.2010>

26. Schreiber J-U, Lancé MD, de Korte M, Artmann T, Aleksic I, Kranke P. The Effect of Different Lung-Protective Strategies in Patients During Cardiopulmonary Bypass: A Meta-Analysis and Semiquantitative Review of Randomized Trials. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2012;26(3):448-454. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2012.01.034>
27. Al-Qubati FAA, Damag A, Noman T. Incidence and outcome of pulmonary complications after open cardiac surgery, Thowra Hospital, Cardiac center, Sana'a, Yemen. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*. 2013;62(4):775-780. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2013.08.008>
28. Conte JV, Baumgartner WA, Dorman T. *The Johns Hopkins manual of cardiac surgical care*. 2nd ed. Mosby; 2008:512.
29. Клинкова А.С., Каменская О.В., Караськов А.М. Влияние хронической обструктивной болезни легких на послеоперационное течение у больных ишемической болезнью сердца. *Российский кардиологический журнал*. 2016;4(132):64-69. [Klinkova AS, Kamenskaya OV, Karas'kov AM. Effect of chronic obstructive pulmonary disease on the postoperative course in patients with coronary heart disease. *Russ J Cardiol*. 2016;4:64-69. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2016-4-64-69>
30. Панина М.И. Патофизиологические аспекты гипервентиляции и гипервентиляционного синдрома. *Казанский медицинский журнал*. 2003;4:288-293. [Panina MI. The pathophysiological aspects of hyperventilation and hyperventilation syndrome. *Kazanskij medicinskij zhurnal*. 2003;4:288-293. (In Russ.)].
31. Iung B, Vahanian A. Epidemiology of valvular heart disease in the adult. *Nature Reviews Cardiology*. 2011;8(3):162-172. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2010.202>
32. Luthra S, Dhaliwal R, Rana S, Behera D, Saxena P. Early changes in pulmonary functions after mitral valve replacement. *Annals of Thoracic Medicine*. 2007;2(3):111-117. <https://doi.org/10.4103/1817-1737.33699>
33. Delcroix M, Lang I, Pepke-Zaba J, Jansa P, D'Armini AM, Snijder R, Bresser P, Torbicki A, Mellekjaer S, Lewczuk J, Simkova I, Barberà JA, de Perrot M, Hoeper MM, Gaine S, Speich R, Gomez-Sanchez MA, Kovacs G, Jaïs X, Ambroz D, Treacy C, Morsolini M, Jenkins D, Lindner J, Darteville P, Mayer E, Simonneau G. Long-Term Outcome of Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. Clinical perspective. *Circulation*. 2016;133(9):859-871. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.016522>
34. Auger WR, Kerr KM, Kim NH, Fedullo PF. Evaluation of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension for pulmonary endarterectomy. *Pulmonary Circulation*. 2012;2(2):155-162. <https://doi.org/10.4103/2045-8932.97594>
35. Каменская О.В., Чернявский А.М., Логинова И.Ю., Клиникова А.С., Чернявский М.А., Аляпкина Е.М., Караськов А.М. Кардиореспираторные нарушения и кислородное обеспечение головного мозга при хронической посттромботической легочной гипертензии. *Кардиология*. 2013;53(6):35-39. [Kamenskaja OV, Chernjavsky AM, Loginova IYu, Klinkova AS, Chernjavsky MA, Aljapkina EM, Karas'kov AM. Cardiorespiratory abnormalities and cerebral oxygen supply in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Kardiologija*. 2013;53(6):35-39. (In Russ.)].
36. Park SY, Lee SM, Shin JW, Choi BW, Kim H, Lee JS, Lee SD, Park SS, Moon HS, Park YB. Epidemiology of chronic thromboembolic pulmonary hypertension in Korea: results from the Korean registry. *The Korean Journal of Internal Medicine*. 2016;31(2):305-312. <https://doi.org/10.3904/kjim.2014.122>
37. Chapman HA. Epithelial-Mesenchymal Interactions in Pulmonary Fibrosis. *Annual Review of Physiology*. 2011;73(1):413-435. <https://doi.org/10.1146/annurev-physiol-012110-142225>
38. Каменская О.В., Клиникова А.С., Чернявский А.М., Чернявский М.А., Едемский А.Г., Караськов А.М. Эффективность легочной вентиляции в отдаленные сроки после операции у больных хронической тромбоэмболией легочной артерии. *Кардиология*. 2015;55(9):16-21. [Kamenskaja OV, Klinkova AS, Chernjavsky AM, Chernjavsky MA, Edemskij AG, Karas'kov AM. The efficacy of pulmonary ventilation in the long-term period after surgery in patients with chronic pulmonary embolism. *Kardiologija*. 2015;55(9):16-21. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.18565/cardio.2015.9.16-21>
39. Fukushi K, Kataoka M, Shimura N, Inami T, Fukuda K, Yoshino H, Satoh T. Impaired Respiratory Function in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: A Comparative Study with Healthy Control Subjects. *Annals of the American Thoracic Society*. 2016;13(7):1183-1184. <https://doi.org/10.1513/annalsats.201601-0481e>

Поступила 28.02.17