

REFERENCES

1. Isakov Yu.F., Volodin N.N., Geras'kin A.V. Neonatal Surgery. Moscow: Dinastiya; 2011. (in Russian)
2. Ragimov A.A., ed. Autologous Donation and Autotransfusion. Moscow: GEOTAR-Media; 2011. (in Russian)
3. Khodabux C.M., von Hiltner J.S., van Hilten J.A., Scherjon S., Walther F.J., Brand A. Clinical study on the feasibility of autologous cord blood transfusion for anemia of prematurity. *Transfusion*. 2008; 48 (8): 1634–43.
4. Khodabux C.M., van Beckhoven J.M., Scharenberg J.C., El Barjiji E., Slot M.C., Brand A. Processing cord blood from premature infants into autologous red-blood-cell products for transfusion. *Vox Sang*. 2011; 100 (4): 367–73.
5. Brune T., Garritsen H., Witteler R., Schlake A., Wüllenweber J., Louwen F., Jorch G., Harms E. Autologous placental blood transfusion for the therapy of anaemic neonates. Department of Paediatrics, University of Münster, Germany. *Biol. Neonate*. 2002; 81: 236–43.
6. Imura K., Kawahara H., Kitayama Y. et al. Usefulness of cord-blood harvesting for autologous transfusion in surgical newborns with antenatal diagnosis of congenital anomalies. *J. Pediatr. Surg*. 2001; 36: 851–4.
7. Taguchi T., Suita S., Nakamura M. et al. The efficacy of autologous cord-blood transfusions in neonatal surgical patients. *J. Pediatr. Surg*. 2003; 38 (4): 604–7.
8. Hosono S., Mugishima H., Nakano Y. et al. Autologous cord blood transfusion in an infant with a huge sacrococcygeal teratoma. *J. Perinat. Med*. 2004; 32 (2): 187–9.
9. Preparation, Storage and Use of Autologous Red Blood Cells from Umbilical Cord Blood for the Treatment of Anemia in the Newborn (Medical Technology)/Sukhikh G.T., Fedorova T.A., Baybarina E.N., Antonov A.G., Kucherov J.I., Rogachevskiy O.V., Titkov K.V. et al. Moscow; 2011. (in Russian)
10. Order of the Ministry of Health on November 25, 2002 № 363 “On Approval of the Instruction on the Use of Blood Components”. Moscow; 2002. (in Russian)
11. Order of the Ministry of Health on April 2, 2013 № 183n “On Approval of Rules for the Clinical Use of Blood and (or) its Components.” Moscow; 2013. (in Russian)
12. Rummyantsev A.G., Agrarenko V.A. Transfusion Therapy in Pediatrics and Neonatology. Moscow: MAKS Press; 2002. (in Russian)
13. Ols R., Eder M. Hematology, Immunology and Infectious Disease: Neonatology Questions and Controversies: Transl. from Engl.; Rummyantsev A.G., ed. Moscow: Logosfera; 2013. (in Russian)
14. O’Riordan J.M., Fitzgerald J., Smith O.P., Bonnar J., Gorman W.A. for the National Blood Users Group. Transfusion of blood components to infants under four months: review and guidelines. *Irish Med. J. Suppl*. 2007; 100 (6):
15. Transfusion guidelines for neonates and older children. *Br. J. Haematol*. 2004; 124: 433–53.
16. Canadian Blood Services with Gwen Clarke and Sophie Chargé, Clinical Guide to Transfusion Medicine. Online edition, 2013.
17. Practice Guidelines for Blood Transfusion: A Compilation from Recent Peer-Reviewed Literature, 2 Ed. American National Red Cross. 2007.
18. Morris K.P., Naqvi N., Davies P. et al. A new formula for blood transfusion volume in the critically ill. *Arch. Dis. Child*. 2005; 90: 724.

Received. Поступила 20.05.14

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕДКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.12-089-06:616.24-008.641-07

Баутин А.Е.¹, Мазурок В.А.¹, Осовских В.В.², Афанасьева К.Ю.¹

ГЕМОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ МАНЕВРА МОБИЛИЗАЦИИ АЛЬВЕОЛ У ПАЦИЕНТОВ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ С СИСТОЛИЧЕСКОЙ ДИСФУНКЦИЕЙ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

¹ФГБУ Федеральный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава РФ, 197341, Санкт-Петербург; ²ФГБУ Российский научный центр радиологии и хирургических технологий Минздрава РФ, 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, ул. Ленинградская, д. 70

Цель исследования. Оценить влияние маневра мобилизации альвеол (ММА), выполняемого во время кардиохирургических вмешательств, на гемодинамику пациентов с систолической дисфункцией левого желудочка (ЛЖ). Материал и методы. В работе представлены данные комплексного исследования показателей гемодинамики во время интраоперационного выполнения ММА у 16 пациентов кардиохирургического профиля с систолической дисфункцией ЛЖ. Показаниями к проведению ММА были нарушения газообмена со снижением индекса p_aO_2/FiO_2 менее 250 мм рт. ст., развившиеся после восстановления самостоятельного кровообращения и нейтрализации гепарина. В исследование не включали пациентов с признаками правожелудочковой сердечной недостаточности. ММА выполняли после стягивания грудины по методике ступенчатого повышения P_{insp} до достижения давления раскрытия альвеол. Для предупреждения закрытия альвеол использовалось ПДКВ, на 5 см вод. ст. превышающее нижнюю точку перегиба петли давление – объем. В среднем давление раскрытия составило $44,7 \pm 2,5$ мм вод. ст., а уровень ПДКВ, предупреждающий закрытие, – $12,8 \pm 1,7$ см вод. ст. Гемодинамические параметры оценивали до выполнения ММА и при достижении точки раскрытия. Показатели центральной гемодинамики определялись методом пульмональной термодилуции с помощью катетера Swan-Ganz. Сократительная способность ЛЖ, его преднагрузка, а также конечно-систолическое (КСНСЛЖ) и конечно-диастолическое (КДНСЛЖ) напряжение стенки изучались с применением ТПЭхоКГ. Статистический анализ проведен на основе t-теста для связанных выборок. Данные представлены в виде $M \pm \delta$. Результаты. На фоне выполнения ММА обнаружено снижение индекса ударного объема с $36,5 \pm 4,2$ до $33,5 \pm 3,9$ мл/м² ($p < 0,05$). Сократительная способность ЛЖ при этом не изменялась, снижение фракции изменения площади ЛЖ не обнаружено. Причиной уменьшения производительности сердца было снижение преднагрузки ЛЖ: конечно-диастолическая площадь левого желудочка при выполнении ММА снизилась с $22,6 \pm 4,3$ до $19,5 \pm 4,1$ см² ($p < 0,05$). Снижение преднагрузки сопровождалось парадоксальным увеличением ДЗЛК, связанным с ростом внутригрудного давления: с $10,8 \pm 4,6$ до $13,8 \pm 4$ мм рт. ст. ($p < 0,001$). На фоне выполнения ММА обнаружено

уменьшение интрамурального компонента постнагрузки ЛЖ: КСНСЛЖ снизилось с $50,6 \pm 11,5$ до $39,5 \pm 10,6$ $\text{кдин} \cdot \text{см}^{-2}$ ($p < 0,01$), что способствовало снижению потребления кислорода в систолу. Выполнение ММА не приводило к нарастанию систолической дисфункции ЛЖ и увеличению доз инотропной поддержки. Во всех наблюдениях отмечено увеличение индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ в среднем с $238,3 \pm 11,7$ до $301,7 \pm 22,3$ мм рт. ст. ($p < 0,05$). Заключение. Основная причина снижения производительности сердца во время выполнения ММА – уменьшение преднагрузки ЛЖ. Положительными гемодинамическими последствиями ММА являются снижение преднагрузки и потребления кислорода ЛЖ. Выполненные исследования показали возможность использования ММА у пациентов кардиохирургического профиля с умеренно выраженной систолической недостаточностью ЛЖ.

Ключевые слова. маневр мобилизации альвеол; кардиохирургия; гемодинамика; острая дыхательная недостаточность.

Для цитирования: Анестезиология и реаниматология. 2014; 59 (6):43,44

HEMODYNAMIC EFFECTS OF THE ALVEOLAR RECRUITMENT MANEUVER IN CARDIOPULMONARY PATIENTS WITH LEFT VENTRICULAR SYSTOLIC DYSFUNCTION

Bautin A.E.¹, Mazurok V. A.¹, Osovskikh V.V.², Afanasyeva K. Yu.¹

¹Almazov Federal Medical Research Centre, 197341, Saint Petersburg, Russian Federation; ²Russian Research Centre of Radiology and Surgical Technologies, 197758, Saint Petersburg, Russian Federation

Purpose: To evaluate hemodynamic effects of the alveolar recruitment maneuver (ARM) in cardiopulmonary patients with left ventricular systolic dysfunction. **Materials and Methods:** We estimate hemodynamics data obtained during intraoperative ARM in 16 cardiopulmonary patients with left ventricular systolic dysfunction. ARM were applied due to hypoxemia with $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ less than 250 mm Hg. after CPB termination and heparin neutralization. Patients with signs of right heart failure were excluded from the study. ARM were carried out after sternum closing. ARM method: P_{insp} was increased stepwise until achievement of the alveoli opening point. PEEP was used 5 cm H₂O greater than the lower inflection point in "pressure - volume" loop. The average alveoli opening pressure was 44.7 ± 2.5 cm H₂O and the average PEEP was 12.8 ± 1.7 cm H₂O. Hemodynamic parameters were evaluated before ARM and at the point of alveoli opening. Pulmonary artery pressure and cardiac output were evaluated by Swan-Ganz catheter and thermodilution method. Left ventricle contractility, preload and end-systolic (LVESWS) and end-diastolic (LVEDWS) wall stress were studied using TEE. t - test for dependent variables was used for statistical analysis. Data are presented as $M \pm \delta$.

Results: During ARM stroke volume index decreased from 36.5 ± 4.2 to 33.5 ± 3.9 ml/m^2 ($p < 0.05$). Left ventricle contractility was not changed (there were no reduction in the left ventricle fraction area change (FAC)). Descent of left ventricular preload was the main cause of cardiac output decrease: end-diastolic area of the left ventricle decreased from 22.6 ± 4.3 to 19.5 ± 4.1 cm^2 ($p < 0.05$). Preload reduction was accompanied by paradoxical increase in PCWP associated with an increase in intrathoracic pressure: from 10.8 ± 4.6 to 13.8 ± 4 mm Hg ($P < 0.001$). There was decrease in intramural left ventricular afterload during ARM: LVESWS decreased from 50.6 ± 11.5 to 39.5 ± 10.6 $\text{cm}^* \text{kdyn}^{-2}$ ($p < 0.01$), which also contributed to the decline of oxygen demand in systole. ARM did not lead to deterioration of left ventricular systolic dysfunction and increased doses of inotropic agents. $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ increased from 238.3 ± 11.7 to 301.7 ± 22.3 mm Hg ($p < 0.05$).

Conclusion: Reduction of left ventricular preload is the main cause of cardiac output decrease during ARM. Positive hemodynamic effects of ARM are afterload reduction and left ventricle oxygen demand reduction. Our study showed the possibility of ARM applying in cardiopulmonary patients with moderate left ventricular systolic dysfunction.

Key words: alveolar recruitment maneuver, cardiac surgery, hemodynamics, acute respiratory failure.

Citation: Anesteziologiya i reanimatologiya. 2014; 59 (6):44 (in Russ.)

Введение. Первая декада настоящего 100-летия характеризуется значимым прогрессом в совершенствовании техники кардиохирургических вмешательств, методик искусственного кровообращения, защиты миокарда и анестезиологического обеспечения. Это привело как к снижению летальности, так и появлению возможности выполнения операций лицам старческого возраста, пациентам с выраженной сопутствующей патологией и больным с крайне тяжелыми поражениями сердца. В то же время проблема периоперационных нарушений функций системы дыхания остается не менее актуальной, чем в конце прошлого века. Так, дисфункция легких с нарушением газообмена развивается после 25–30% вмешательств на сердце [1, 2]. Наиболее тяжелая форма острой дыхательной недостаточности (ОДН) – острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) осложняет течение 0,6–3% подобных операций [3, 4].

Несмотря на разнообразие этиологических факторов ОДН, сопровождающих операции на сердце, конечным звеном патогенеза в большинстве случаев является развитие микроателектазирования и патологического шунтирования крови [1]. При этом нарушения газообмена могут

иметь как легкое течение, с быстрым интраоперационным развитием и регрессом в ближайшие сутки после вмешательства [2], так и выраженные проявления, связанные с развитием системной воспалительной реакции, повышением альвеолярно-капиллярной проницаемости и повреждением системы легочного сурфактанта. Последний вариант рассматривается как послеоперационный ОРДС, требует продленной респираторной поддержки и значительно ухудшает прогноз кардиохирургического пациента [5].

Патогенетически обоснованной методикой респираторной терапии при указанных формах послеоперационной ОДН можно считать концепцию открытого легкого, подразумевающую выполнение маневра мобилизации альвеол (ММА). К настоящему времени опубликованы данные об эффективности этого подхода как при интраоперационных нарушениях газообмена [6, 7], так и при ОРДС после кардиохирургических вмешательств [8].

Вне зависимости от применяемой методики ММА основным побочным эффектом этого респираторного подхода считается влияние высокого внутриальвеолярного давления на гемодинамику. В некоторых исследованиях сообщается, что у пациентов кардиохирургического профиля риск развития артериальной гипотонии, требующей применения инотропных или вазоактивных препаратов, при ММА составляет от 22 до 74% [8, 9]. До настоящего времени наиболее глубоко влияние респираторной под-

Информация для контакта:

Афанасьева Карина Юрьевна

Correspondence to:

Afanasyeva Karina e-mail: aisa-sancy@yandex.ru

Общая характеристика пациентов, включенных в исследование влияния ММА на показатели гемодинамики ($M \pm \sigma$, $n = 16$)

Показатель	Значение
Возраст, годы	62,6 \pm 3,8
Число мужчин	12
Вид оперативного вмешательства:	
АКШ	12
протезирование/пластика клапанов сердца	4
Время пережатия аорты, мин	62,8 \pm 16,5
p_aO_2/FiO_2 перед выполнением ММА, мм рт. ст.	238,3 \pm 11,7
СИ, л/мин/м ²	2,4 \pm 0,4
ИУО, мл/м ²	36,5 \pm 4,2
Инфузия дофамина:	
число пациентов	16
средняя доза, мкг/кг/мин	5,2 \pm 1,4
Инфузия адреналина:	
число пациентов	4
средняя доза, мкг/кг/мин	0,03 \pm 0,01
SvO ₂ , %	65,7 \pm 1,1
Лактат в пробе артериальной крови, ммоль/л	1,9 \pm 0,6

Примечание. АКШ – аортокоронарное шунтирование; СИ – сердечный индекс; ИУО – индекс ударного объема.

ного состояния (КОС), а также по температурным градиентам. Методика кардиоплегии: проксимальнее зажима в корень аорты устанавливали канюлю для проведения антеградной кардиоплегии, кроме того, проводилась установка катетера для ретроградной кардиоплегии через коронарный синус. После пережатия аорты проводилась первая анте-ретроградная кардиоплегия. Использовали кровяную кардиоплегию раствором, содержащим 20 ммоль/л KCl. Для проведения повторных сеансов ретроградной кардиоплегии каждые 15 мин использовали раствор KCl концентрации 8 ммоль/л.

ИВЛ проводилась с помощью наркозно-дыхательной системы Datex Ohmeda ADU Care station (GE Healthcare, Финляндия) в режиме нормовентиляции с дыхательным объемом (ДО), равным 8 мл/кг, содержанием кислорода в дыхательной смеси, достаточным для поддержания SpO₂ на уровне 97–99%.

ММА выполняли после стягивания грудины и ушивания подкожно-жировой клетчатки. Используемая нами методика основана на способе, предложенном В. Lachmann [12]: 1) за 10 мин до выполнения маневра устанавливали FiO₂ достаточную для поддержания SpO₂ на уровне 95%; 2) наркозно-дыхательный аппарат переводили в режим вентиляции с контролем по давлению, уровень ПДКВ устанавливали на 5 см вод. ст. выше нижней точки перегиба петли давления – объем; 3) последовательно увеличивали давление вдоха (P_{insp}) на 5 см вод. ст. через каждые 2 дыхательных цикла до момента увеличения SpO₂ до 100%. Значение пикового давления (P_{peak}), соответствующее моменту значительного роста оксигенации, определяли как давление точки раскрытия; 4) постепенно, с шагом в 5 см вод. ст. по 2 дыхательных цикла, снижали P_{insp} до уровня, обеспечивающего ДО 8 мл/кг. Данные о найденных значениях ПДКВ и давления точки раскрытия в дальнейшем передавались персоналу ОАРИТ для продолжения респираторной поддержки в соответствии с концепцией “открытого” легкого. В среднем пиковое давление, при котором достигалось раскрытие, составило 44,7 \pm 2,5 см вод. ст., а уровень ПДКВ, предупреждающий раскрытие, – 12,8 \pm 1,7 см вод. ст.

Гемодинамические параметры оценивали исходно, до выполнения ММА и при достижении точки раскрытия. Показатели центральной гемодинамики определяли методом пульмональной термодилуции с помощью катетера Swan-Ganz и монитора Datex Ohmeda S/5 (GE Healthcare, Финляндия). Сократительная способность левого желудочка, его преднагрузка, а также конечно-систолическое (КСНСЛЖ) и конечно-диастолическое напряжение стенки (КДНСЛЖ) изучали с применением транспищеводной эхокардиографии (ТПЭхоКГ) с помощью системы Vivid I (GE Healthcare, США). Из трансагастальной позиции на уровне папиллярных мышц в 2D-режиме измеряли конечно-

держки, соответствующей концепции «открытого» легкого, на гемодинамику пациентов, перенесших кардиохирургические вмешательства, было изучено в работах D. Miranda [10, 11]. Исследования выполнялись после проведения ММА, на фоне ИВЛ с положительным давлением конца выдоха (ПДКВ), определенным по точке закрытия альвеол. Автор не обнаружил значимых влияний респираторной поддержки, соответствующей указанной концепции, на гемодинамику. Ограничением работ D. Miranda было отсутствие данных об изменениях сердечно-сосудистой системы в момент выполнения ММА, т. е. на фоне наиболее высокого внутриальвеолярного давления. При детальном поиске подобных данных нам в литературе обнаружить не удалось. Кроме того, до сих пор остаются открытыми вопросы о возможности применения ММА у пациентов с левожелудочковой сердечной недостаточностью и влиянии методики на функцию левого желудочка в подобных клинических ситуациях.

Указанные малоизученные аспекты применения ММА у пациентов кардиохирургического профиля и определили цель нашего исследования: оценить влияние ММА, выполняемого во время кардиохирургических вмешательств, на гемодинамику пациентов с систолической дисфункцией левого желудочка.

Материал и методы. В настоящей работе представлены данные исследования гемодинамики во время интраоперационного применения ММА на фоне левожелудочковой сердечной недостаточности у 16 пациентов кардиохирургического профиля. Выполнение исследования было одобрено Этическим комитетом ФМИЦ им. В.А. Алмазова.

Показаниями к проведению ММА были развившиеся к концу операции нарушения газообмена со снижением индекса p_aO_2/FiO_2 менее 250 мм рт. ст. в соответствии с данными анализа газового состава артериальной крови, выполненного после восстановления самостоятельной сердечной деятельности и нейтрализации гепарина. Противопоказаниями считали наличие буллезной эмфиземы или случаев спонтанного пневмоторакса в анамнезе. Сопутствующая сердечная недостаточность по левожелудочковому типу требовала для коррекции инфузии инотропных препаратов, на фоне которой не отмечались выраженные клинические, инструментальные и лабораторные признаки недостаточности кровообращения. От выполнения ММА отказывались в случаях, когда требовалась инфузия адреналина в дозе более 0,05 мкг/кг/мин. Кроме того, маневр не выполняли у пациентов с признаками повреждения правого желудочка: гипокинезией свободной стенки правого желудочка, обнаруженной при ТПЭхоКГ, интраоперационном увеличении размеров правого желудочка и степени трикуспидальной недостаточности в сочетании со снижением сердечного выброса, снижении градиента между ЦВД и ДЛА_{ср} менее 5 мм рт. ст. Основные данные о пациентах приведены в табл. 1.

Во всех случаях проводилась общая комбинированная анестезия по эндотрахеальной методике с использованием севофлурана и фентанила. Индукция осуществлялась медленной (6 мин) внутривенной инфузией пропофола в дозе 1,5 мг/кг в комбинации с фентанилом (5 мкг/кг) и пипекурония бромидом (0,15 мг/кг). Для поддержания анестезии применяли ингаляцию севофлурана с концентрацией в конечно-выдыхаемой смеси 1,0–2,5%. Во время искусственного кровообращения (ИК) севофлуран в концентрации 1,5% подавался в оксигенатор аппарата ИК. Анальгетический компонент обеспечивали инфузией фентанила в дозе 5 мкг/кг/ч. После восстановления самостоятельного кровообращения продолжалась комбинированная анестезия севофлураном и фентанилом по описанной выше методике.

Перфузия и кардиоплегия осуществлялись у всех пациентов по стандартной методике, в соответствии с принятым в ФМИЦ им. В.А. Алмазова протоколом. ИК проводилось с помощью аппарата Stokert S 3 (Германия). Перфузия обеспечивалась в нормотермическом режиме с поддержанием центральной температуры 36,0 \pm 0,5 $^{\circ}$ C. Объемная скорость перфузии составляла 2,4–2,6 л/мин/м². Адекватность ИК оценивали по уровню среднего АД (60–80 мм рт. ст.), центрального венозного давления (8–10 мм рт. ст.), показателям газового состава крови, кислотно-основ-

Таблица 2

Изменение основных показателей центральной гемодинамики при выполнении ММА ($M \pm \sigma$, $n = 16$)

Показатель	До выполнения ММА	Во время ММА
СИ, л/мин/м ²	2,4±0,4	2,2±0,3
ИУО, мл/м ²	36,5±4,2	33,5±3,9*
АД _{ср} , мм рт. ст.	74,1±7,3	65,0±7,2**
ОПСС, дин · с · см ⁻⁵	1559±196,8	1617±202,4
ОЛС, дин · с · см ⁻⁵	187,9±68,3	190,9±78,2

Примечание. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ при сравнении с исходными значениями (здесь и в табл. 3, 4); СИ – сердечный индекс; ОПСС – общее периферическое сосудистое сопротивление; ЛСС – легочное сосудистое сопротивление.

диастолическую площадь левого желудочка (КДПЛЖ) и конечно-систолическую площадь левого желудочка (КСПЛЖ). Для оценки сократительной способности ЛЖ использовали показатель фракции изменения площади (ФИП), аналог фракции выброса ЛЖ [13]: $ФИП = ((КДПЛЖ - КСПЛЖ)/КДПЛЖ) \cdot 100\%$. Для определения КСНСЛЖ и КДНСЛЖ мы использовали формулы, предложенные в 1982 г. N. Reichel [14] и позже модифицированные для ТПЭхоКГ А. Cheung [15]:

$$КСНСЛЖ = 0,334 \cdot АД_{сис} \cdot КСД / (КСТЗС \cdot (1 + КСТЗС/КСД)) \quad (1)$$

$$КСД = 2 \cdot (КСПЛЖ/\pi)^{1/2},$$

где КСД – конечно-систолический диаметр ЛЖ, КСТЗС – конечно-систолическая толщина задней стенки ЛЖ.

$$КДНСЛЖ = 0,334 \cdot ДЗЛК \cdot КДД / (КДТЗС \cdot (1 + КДТЗС/КДД)) \quad (2)$$

$$КДД = 2 \cdot (КДПЛЖ/\pi)^{1/2},$$

где КДД – конечно-диастолический диаметр ЛЖ, КДТЗС – конечно-диастолическая толщина задней стенки ЛЖ, ДЗЛК – давление заклинивания легочных капилляров.

Статистический анализ проведен с помощью пакета Statistica 7.0 (Statsoft Inc., США). Для оценки влияния ММА на гемодинамические параметры использовали t-тест для связанных выборок. Критическим уровнем значимости считали $p < 0,05$. Данные представлены в виде $M \pm \delta$.

Результаты исследования и их обсуждение. Влияние ММА на производительность сердца. Мы обнаружили тенденцию к уменьшению сердечного индекса (СИ) при достижении точки раскрытия и достоверное снижение ИУО. Закономерным результатом снижения производительности сердца было достоверное снижение АД (табл. 2). Необходимо отметить, что ни в одном наблюдении снижение сердечного выброса не достигало значений, требовавших увеличения доз инотропной терапии. В двух случаях вследствие развития артериальной гипотонии ($АД_{ср} < 65$ мм рт. ст.) требовалось однократное введение болюсов фенилэфрина (20 мкг).

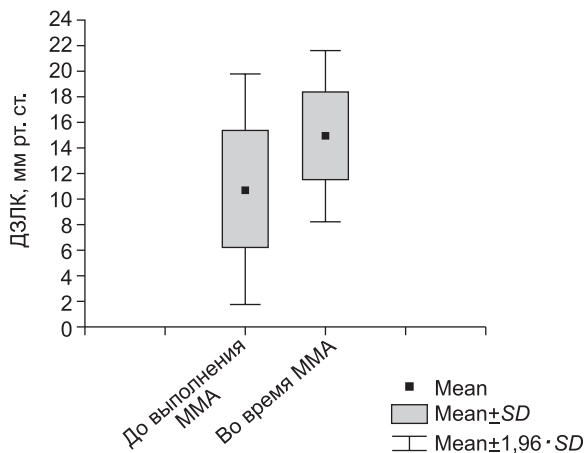
Рис. 1. Повышение ЦВД на фоне выполнения ММА. Различия достоверны ($p < 0,001$).

Таблица 3

Влияние ММА на показатели, характеризующие наполнение ЛЖ и его сократительную способность ($M \pm \sigma$, $n = 16$)

Показатель	До выполнения ММА	Во время ММА
КДПЛЖ, см ²	22,6±4,3	19,5±4,1*
КСПЛЖ, см ²	9,9±2,1	8,3±2,2*
ФИП, %	58,1±8,1	57,8±9,2

Причины снижения производительности сердца. При выполнении ТПЭхоКГ не обнаружено признаков снижения сократительной способности ЛЖ, мы не нашли достоверного уменьшения ФИП на фоне применения ММА. В то же время обращали внимание признаки снижения преднагрузки ЛЖ – достоверное уменьшение КДПЛЖ и КСПЛЖ (табл. 3).

Наше исследование подтвердило следующую особенность снижения преднагрузки ЛЖ на фоне выполнения ММА. Увеличение внутригрудного давления вызвало компрессию правых отделов сердца и левого предсердия, что закономерно снижало наполнение ЛЖ, одновременно вызывая парадоксальное увеличение ДЗЛК и ЦВД. Мы обнаружили рост ЦВД с $7 \pm 3,5$ до $10,1 \pm 2,6$ мм рт. ст. ($p < 0,001$) и ДЗЛК с $10,8 \pm 4,6$ до $13,8 \pm 4$ мм рт. ст. ($p < 0,001$) при достижении точки раскрытия (рис. 1, 2).

Влияние ММА на постнагрузку ЛЖ. Исходя из того, что повышенное внутригрудное давление в первую очередь влияет на показатели трансмурального напряжения миокарда, а не на сосудистый тонус, в качестве меры постнагрузки мы использовали КСНСЛЖ. Анализ эхокардиографических данных (табл. 4) указывает на то, что ММА приводил к положительным изменениям двух детерминант КСНЛЖ: достоверному увеличению толщины стенки ЛЖ и достоверному уменьшению его радиуса в конце систолы. На фоне снижения систолического АД эти изменения обеспечивали значимое падение КСНСЛЖ. Как свидетельствуют данные, приведенные в табл. 2, сосудистый компонент постнагрузки при выполнении ММА не изменялся, достоверных различий в уровне общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) не обнаружено.

Влияние ММА на потребление кислорода миокардом ЛЖ. Использование эхокардиографии позволило оценить влияние метода на показатели, характеризующие потребление кислорода – КСНСЛЖ и КДНСЛЖ. Достоверное снижение КСНСЛЖ свидетельствовало о падении потребления кислорода в систолу. Наше исследование выявило достоверные положительные изменения детерминант диастолического потребления кислорода: увеличение

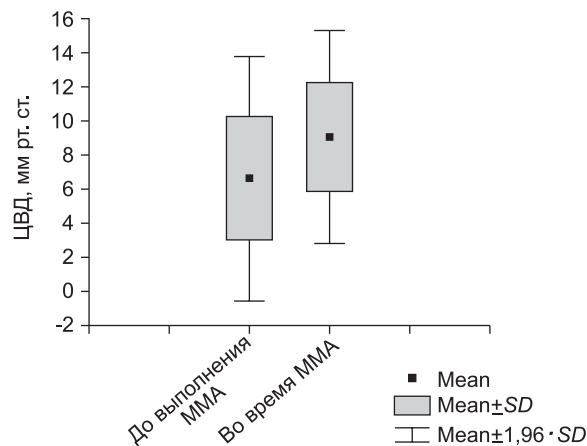
Рис. 2. Повышение ДЗЛК на фоне выполнения ММА. Различия достоверны ($p < 0,001$).

Таблица 4

Влияние ММА на показатели, характеризующие напряженность миокарда ЛЖ ($M \pm \sigma$, $n = 16$)

Показатель	До выполнения ММА	Во время ММА
КСДЛЖ, см	3,6±0,6	3,2±0,5*
КСТЗС, см	1,9±0,3	2,1±0,2*
КСНСЛЖ, кдин · см ⁻²	50,6±11,5	39,5±10,6**
КДДЛЖ, см	5,3±0,6	4,8±0,5*
КДТЗС, см	1,23±0,24	1,43±0,26*
КДНСЛЖ, кдин · см ⁻²	10,1±6,2	10,8±4,5

КДТЗСЛЖ и снижение его КДД. В то же время показатель КДНСЛЖ не снизился, что было связано с достоверным ростом ДЗЛК на фоне выполнения ММА.

Влияние ММА на показатели газообмена. У всех пациентов выполнение ММА сопровождалось улучшением оксигенации, что позволяло снизить содержание кислорода во вдыхаемой смеси (табл. 5). Повторный ММА выполнялся после поступления в ОАРИТ, необходимости в применении 3-го маневра у обследуемых не было. В срок от 10 до 16 ч после окончания операции все пациенты переведены на самостоятельное дыхание и экстубированы, средняя продолжительность респираторной поддержки составила 12,6±2,1 ч. В исследуемой группе не отмечено случаев пневмотораксов или других осложнений, связанных с выполнением ММА.

Необходимо отметить, что в доступных источниках литературы мы не нашли указаний на комплексные исследования изменений гемодинамики при выполнении ММА у пациентов кардиохирургического профиля с систолической дисфункцией ЛЖ, возможно, наша работа стала первой. В результате исследования установлено, что снижение производительности сердца при выполнении ММА связано с падением преднагрузки ЛЖ при сохранении его контрактильной способности. Увеличение ДЗЛК при выполнении ММА не отражало снижения наполнения ЛЖ, поскольку определялось компрессией левого предсердия, а не изменениями конечно-диастолического давления (КДДЛЖ).

Связанные с ММА изменения гемодинамики вызывали снижение интрамурального компонента преднагрузки ЛЖ, что должно рассматриваться как положительный фактор для пациентов с периперационной дисфункцией ЛЖ.

Исследование выявило предпосылки снижения потребления кислорода ЛЖ в систолу за счет уменьшения напряжения его стенки при выполнении ММА. Кроме того, были обнаружены изменения, способствующие снижению потребления кислорода и в диастолу: увеличение диастолической толщины стенки ЛЖ и снижение КДД. Сам показатель КДНСЛЖ достоверно не изменялся, что связано с методологическими причинами. В формуле 2, предложенной А. Cheung [15], за меру КДД в полости ЛЖ принимается ДЗЛК. Вместе с тем в нашем исследовании подтверждено, что на фоне ММА ДЗЛК не отражает преднагрузку ЛЖ и, вероятно, превышает КДДЛЖ. Данное несоответствие и внесло ошибку в расчет КДНСЛЖ. Обнаруженные нами эффекты ММА, способствующие снижению потребления кислорода миокардом ЛЖ, несомненно, являются положительными для пациентов с периперационной левожелудочковой недостаточностью.

Выполненное нами исследование имело ряд ограничений. Первое связано с тем, что ММА проводился в конце операции, в условиях дефицита времени, что не позволяло выполнить процедуру маневра в полном объеме, в частности определить уровень ПДКВ, точно соответствующий точке закрытия альвеол. Вторым недостатком было

Таблица 5

Изменение показателей газообмена после интраоперационного выполнения ММА ($M \pm \sigma$, $n = 16$)

Показатель	В операционной		Через 1 ч после поступления в ОАРИТ
	перед ММА	через 10 мин после ММА	
p_aO_2 , мм рт. ст.	99,6±4,4	102,7±6,2	105,6±10,1
p_aCO_2 , мм рт. ст.	36,8±3,1	37,1±2,6	36,9±2,5
p_aO_2/FiO_2 , мм рт. ст.	238,3±11,7	301,7±22,3*	288,3±17,2*

Примечание. * – $p < 0,05$ при сравнении с исходными значениями.

отсутствие глубокой оценки функции правого желудочка вследствие ограниченности использованного мониторинга гемодинамики и недостаточной чувствительности ТПЭхо КГ при исследовании этого отдела сердца.

ВЫВОДЫ

1. Основной причиной снижения производительности сердца во время выполнения ММА является уменьшение преднагрузки левого желудочка.

2. При выполнении ММА снижается трансмуральный компонент преднагрузки левого желудочка.

3. Во время ММА создаются гемодинамические предпосылки для снижения потребления кислорода миокардом левого желудочка.

4. Выполненные исследования показали возможность использования ММА у пациентов с умеренно выраженной систолической недостаточностью левого желудочка.

5. В условиях выполнения ММА ДЗЛК не отражает действительную преднагрузку левого желудочка.

6. ММА эффективно улучшает оксигенацию при нарушениях газообмена, связанных с интраоперационным ателектазированием.

REFERENCES. * ЛИТЕРАТУРА

- Apostolakis E., Filos K.S., Koletsis E. et al. Lung dysfunction following cardiopulmonary bypass. J. Card Surg. 2010; 25: 47–55.
- Ranucci M., Ballotta A., La Rovere M., Postoperative hypoxia and length of intensive care unit stay after cardiac surgery: the underweight paradox? PLoS One. 2014; 9: e93992.
- Milot J., Peron J., Lacasse Y. et al. Incidence and predictors of ARDS after cardiac surgery. Chest. 2001; 119: 884–8.
- Kogan A., Preisman S., Levin S., Adult respiratory distress syndrome following cardiac surgery. J. Card Surg. 2014; 29: 41–6.
- Stephens R., Shah A., Whitman G. Lung injury and acute respiratory distress syndrome after cardiac surgery. Ann. Thorac. Surg. 2013; 95: 1122–9.
- Claxton B., Morgan P., Mckeague H. et al. Alveolar recruitment strategy improves arterial oxygenation after cardiopulmonary bypass. Anaesthesia. 2003; 58: 111–6.
- Kozlov I.A., Romanov A.A. Alveolar opening maneuver (mobilization) in intraoperative pulmonary oxygenizing dysfunction in cardiosurgical patients. Anesteziologiya i reanimatologiya. 2007; 2: 27–31. (in Russian)
- Eremenko A.A., Levikov D.I., Egorov V.M. et al. Use of lung opening maneuver in patients with acute respiratory failure after cardiosurgical operations. Obshchaya reanimatologiya. 2006; 2 (1): 23–8. (in Russian)
- Bautin A., Bakanov A., Seyliev A. Combined application of lung recruitment maneuver and surfactant administration for the treatment of ARDS after operation on heart. Eur. Respir. J. 2008; 32 (Suppl. 55): 752.
- Miranda D., Gommers D., Struijs A. et al. The open lung concept: effects on right ventricular afterload after cardiac surgery. Br. J. Anaesth. 2004; 93: 327–32.
- Miranda D., Mekel J., Struijs A. et al. Open lung ventilation does not increase right ventricular outflow impedance: An echo-Doppler study. Crit. Care Med. 2006; 34: 2555–60.
- Lachmann B. Open up the lung and keep the lung open. Intensive Care Med. 1992; 18: 319–21.

13. Perrino A.C. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 2-nd Ed. - Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
14. Reichek N., Wilson J., Sutton J., Plappert T. et al. Noninvasive determination of left ventricular end-systolic stress: validation of the method and initial application. *Circulation*. 1982; 65: 99–108.
15. Cheung A., Savino J., Weiss S. Echocardiographic and hemodynamic indexes of left ventricular preload in patients with normal and abnormal ventricular function. *Anesthesiology*. 1994; 81: 376–81.

* * *

- *7. Козлов И.А., Романов А.А. Маневр открытия («мобилизация») альвеол при интраоперационном нарушении оксигенирующей функции легких у кардиохирургических больных. *Анестезиология и реаниматология*. 2007; 2: 27–31.
- *8. Еременко А.А., Левиков Д.И., Егоров В.М. и др. Применение маневра открытия легких у больных с острой дыхательной недостаточностью после кардиохирургических операций. *Общая реаниматология*. 2006; 2 (1): 23–8.

Received. Поступила 26.05.14

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2014

УДК 616.944-06:616.831-008.918]-085.38:615.246.2

Мусаева Т.С.^{1,2}, Бердников А.П.^{1,2}, Гончаренко С.И.², Денисова Е.А.^{1,2}

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫСОКООБЪЕМНОЙ ГЕМОФИЛЬТРАЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ТЯЖЕЛЫМ СЕПСИСОМ И ВНУТРИЧЕРЕПНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

¹Кафедра анестезиологии, реаниматологии и трансфузиологии ФПК и ППС ГБОУ ВПО Кубанский государственный медицинский университет МЗ РФ, 350000, Россия, г. Краснодар, ул. Седина, 4; ²ГБУЗ краевая клиническая больница № 2 МЗ Краснодарского края, 350000, Россия, г. Краснодар, ул. Красных Партизан, 6/2

Проведено ретроспективное обследование у 68 пациентов (всего 144 процедуры) с тяжелым сепсисом и внутричерепной гипертензией по данным измерения давления в центральной вене сетчатки, которым проводили высокообъемную гемофильтрацию (ВОГФ) по внепочечным показаниям. Параллельное снижение САД и ЦПД вплоть до критических цифр наряду с увеличением ВЧД сопровождается нарастанием неврологического дефицита с угнетением уровня сознания до комы I степени. В данном случае проведение ВОГФ может провоцировать церебральную гипоперфузию и усиление предперфузионных нарушений микроциркуляции (артериовенозная разница напряжения $pCO_2 > 5,9$ мм рт. ст.).

Ключевые слова: тяжелый сепсис; внутричерепная гипертензия; высокообъемная гемофильтрация.

Для цитирования: *Анестезиология и реаниматология*. 2014; 59 (6):48

EFFICIENCY OF HIGH-VOLUME HEMOFILTRATION IN PATIENTS WITH SEVERE SEPSIS AND INTRACRANIAL HYPERTENSION

Musaeva T.S.^{1,2}, Berdnikov A.P.^{1,2}, Goncharenko S.I.², Denisova E.A.^{1,2}

¹Kuban State Medical University, 350063, Krasnodar, Russian Federation; ²Krasnodar Regional Clinical Hospital 2, 350000, Krasnodar, Russian Federation

We performed a retrospective study in 68 patients (144 procedures) with severe sepsis and intracranial hypertension measured by the pressure in the central retinal vein. The patients underwent high-volume hemofiltration (HV-HF) for extrarenal indications. Increased pressure in the central retinal vein was accompanied by critical points of cerebral perfusion pressure and the growth of neurological deficit with inhibition level of consciousness to coma I. In this case, HV-HF may be associated with the formation of the critical points of cerebral perfusion and severe disorders of microcirculation and the lack of resolution of tissue hypoperfusion. In case of intracranial hypertension HV-HF is not effective in the category of patients where there is a combination $\Delta pCO_2 > 5.9$ mm Hg level and GCS < 10 points.

Key words: severe sepsis; intracranial hypertension; high-volume hemofiltration.

Citation: *Anesteziologiya i reanimatologiya*. 2014; 59 (6):48 (in Russ.)

Введение. Локальное воспаление, сепсис, тяжелый сепсис и полиорганная недостаточность (ПОН) являются звеньями одной патогенетической цепи при реакции организма на воспалительный процесс вследствие вирусной, бактериальной или грибковой инфекции [1–3]. Дисфункция гематоэнцефалического барьера, равно как и снижение церебрального перфузионного давления (ЦПД), у больных с признаками тяжелого сепсиса и септического шока могут сопровождаться глобальными нарушениями ауторегуляции мозгового кровотока, проявляющимися развитием энцефалопатии [2–4], которая встречается у

70% больных сепсисом, являясь одним из первых клинических признаков развития и прогрессирования органной недостаточности [3, 5].

Рядом публикаций обозначен факт негативного влияния внутричерепного давления (ВЧД) на ЦПД при тяжелом сепсисе [2, 4]. Так, например, D. Pfister и соавт. [4] сообщали об увеличении ВЧД более чем на 15 мм рт. ст. при неинвазивном его измерении у 47% пациентов с тяжелым сепсисом.

В свою очередь на динамическое повышение ВЧД могут оказывать непосредственное влияние методики заместительной почечной терапии, в частности высокообъемная гемофильтрация – ВОГФ [6–9].

Цель исследования – оценить эффективность ВОГФ у пациентов с тяжелым абдоминальным сепсисом и внутричерепной гипертензией.

Информация для контакта:

Мусаева Татьяна Сергеевна;

Correspondence to:

Musaeva Tat'yana e-mail: musayeva_tanya@mail.ru