

УДК 616.127-005.4-089.166-78:612.127.2

## КИСЛОРОДТРАНСПОРТНАЯ ФУНКЦИЯ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ СЕВОФЛЮРАНОВОЙ АНЕСТЕЗИИ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ

В.В. Ломиворотов, А.А. Скопец\*, Н.Б. Карахилис\*, О.С. Вастьянова\*, Л.В. Ломиворотова

ФГУ «Новосибирский НИИ патологии кровообращения им. акад. Е.Н. Мешалкина Росмедтехнологий»

\* Краевая клиническая больница № 1 им. С.В. Очаповского – Центр грудной хирургии, Краснодар

cpsc@meshalkinclinic.ru

Ключевые слова: искусственное кровообращение, севофлюран, кислородтранспортная функция системы кровообращения.

Несмотря на широкую доступность различных средств для общей анестезии в настоящее время, ингаляционные анестетики прочно заняли свое место в практике врача-анестезиолога. Успехи современной кардиоанестезиологии отчасти стали возможными благодаря внедрению в клиническую практику новых препаратов для анестезии [4, 8, 10]. Препараты, применяемые в кардиохирургии, должны обладать минимальным влиянием на сократимость миокарда и не нарушать баланса между доставкой кислорода к миокарду и потребностями в нем. Этим требованиям удовлетворяет сравнительно новый галогенсодержащий анестетик севофлюран, обладающий минимальными кардиодепрессивными и вазодилатирующими свойствами [7]. Цель настоящего исследования – изучение безопасности применения севофлюрана, а также изучение кислородтранспортной функции системы кровообращения при операциях реваскуляризации миокарда в условиях искусственного кровообращения (ИК).

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С мая 2007 по июль 2007 г. было обследовано 25 пациентов ишемической болезнью сердца (средняя фракция выброса –  $51,4 \pm 0,9\%$ ), оперированных в условиях нормотермического ( $35,8 \pm 0,1$  °C) ИК. Средний возраст пациентов составил  $58,6 \pm 1,8$  лет. Продолжительность ИК  $57,1 \pm 3,6$  мин, время пережатия аорты  $38,1 \pm 2,5$  мин.

Вводная анестезия проводилась подачей 8 об% севофлюрана и введением 100 мкг фентанила. Мышечная релаксация осуществлялась введением 2 мг ардуана и 200 мг листенона. Анестезия в пред- и постперфузионном периоде поддерживалась севофлюраном (1–3 об%) и азотом, а во время перфузии – подачей севофлюрана в контур аппарата ИК. Анальгезия осуществлялась введением фентанила ( $1,47$  мкг/(кг·ч)). Контроль адекватности глубины анестезии производился с помощью BIS-мониторинга.

### Биспектральный индекс

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| До вводной анестезии    | $95,1 \pm 0,8$ |
| После вводной анестезии | $37,8 \pm 2,5$ |
| Перед ИК                | $32,7 \pm 0,8$ |
| 20 мин после протамина  | $42,9 \pm 2,1$ |
| Окончание операции      | $69,7 \pm 3,2$ |

Все пациенты были экстубированы на операционном столе в среднем через  $5,1 \pm 0,4$  мин после наложения кожных швов.

Оценка параметров центральной гемодинамики и кислородтранспортной функции системы кровообращения на этапах операции и послеоперационного периода проводилась с помощью метода термодилуции. Оценивались среднее артериальное давление (САД), частота сердечных сокращений (ЧСС), сердечный индекс (СИ), индекс общего периферического сосудистого сопротивления (ИОПСС), давление в легочной артерии (ЛА), давление заклинивания в легочной артерии (ДЗЛА), центральное венозное давление (ЦВД) на следующих этапах: 1 – до вводной анестезии; 2 – после вводной анестезии; 3 – перед канюляцией магистральных сосудов; 4 – 20 мин после введения протамина; 5 – после окончания операции; 6–8 – 2, 4, 6 ч после операции, соответственно. Параллельно проводился забор артериальной и смешанной венозной крови для определения концентрации гемоглобина, расчета содержания кислорода в артериальной и смешанной венозной крови ( $\text{CaO}_2$  и  $\text{CvO}_2$ ), индекса доставки ( $\text{ИДО}_2$ ) и потребления кислорода ( $\text{ИПО}_2$ ), артериовенозной разницы по кислороду ( $\text{ABPO}_2$ ), глюкозы и лактата.

Статистический анализ проводили с помощью пакета программ «Statistica 6.0» для Windows. Сравнение двух групп из совокупностей с нормальным распределением проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Результаты представлены как среднее и стандартная ошибка среднего ( $M \pm m$ ). Статистически значимыми считались различия данных и корреляция при  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходные значения среднего артериального давления составили  $96,9 \pm 3,6$  мм рт. ст. После проведения вводной анестезии и интубации трахеи этот показатель достоверно снижался до  $71,0 \pm 3,1$  мм рт. ст. ( $p < 0,001$ ). Одновременно с этим происходило достоверное снижение СИ, за счет уменьшения как ударного объема, так и ЧСС. Такая динамика сердечного выброса, очевидно, связана со снижением симпатического ответа на интубацию трахеи на фоне индукции севофлюраном, что подтверждается другими исследователями [3] и умеренным снижением сократимости [6]. Отсутствие компенсаторного увеличения ЧСС на фоне ингаляции севофлюрана и интубации трахеи составляет преимущество этого вида анестезии, так как значительное увеличение ЧСС нежелательно у больных ИБС. Перед началом ИК изменений САД и СИ по сравнению с предыдущим этапом не происходило (табл. 1).

К моменту начала ИК ИОПСС незначительно снижался по сравнению с исходными значениями, что было обусловлено минимальными вазодилатирующими свойствами анестетика.

Через 20 мин после введения протамина регистрировались максимальные значения СИ, составившего  $3,4 \pm 0,11$  л/(мин·м<sup>2</sup>). Одновременно с этим величина ИОПСС была минимальной ( $p < 0,001$ ), что было связано с выраженной вазодилатацией после окончания ИК. Отсутствие выраженных вазодилатирующих свойств севофлюрана способствовало поддержанию адекватного уровня волемии

(по величине ЦВД и ДЗЛА) на всех этапах операции, в связи с чем не было необходимости в дополнительном переливании кристаллоидных и коллоидных растворов. К моменту окончания операции величина СИ и ИОПСС не отличались от предоперационных значений.

При оценке кислородтранспортной функции системы кровообращения было выявлено, что на предперфузионном этапе происходило уменьшение как доставки кислорода, так и его потребления. Известно, что в ряде случаев уровень ИПО<sub>2</sub> не отражает величины интенсивности общего метаболизма, поскольку полностью зависит от состояния кровообращения. Поэтому для оценки адекватности кислородтранспортной функции системы кровообращения мы изучили динамику АВРО<sub>2</sub>, так как этот показатель наиболее точно отражает соответствие между транспортом кислорода и потребностями в нем организма [1, 2]. Известно, что основным адаптационным механизмом, направленным на обеспечение тканей кислородом в условиях сниженной доставки, является увеличение экстракции кислорода в тканях и превышение этого показателя более 40 мл/л свидетельствует о развитии сердечной недостаточности. К моменту начала ИК АВРО<sub>2</sub> практически не менялась. Следовательно, уменьшение потребления кислорода на данном этапе было связано не с усугублением явлений сердечной недостаточности на фоне снижения сердечного выброса, а с уменьшением интенсивности общего метаболизма под влиянием севофлюрана. Минимальное потреб-

Таблица 1

**Параметры центральной гемодинамики на этапах операционного и послеоперационного периодов**

| Этапы                   | САД,<br>мм рт. ст. | ЧСС,<br>уд/мин | ЦВД,<br>мм рт. ст. | ДЗЛА,<br>мм рт. ст. | СИ,<br>л/(мин·м <sup>2</sup> ) | УИ,<br>мл/(мин·м <sup>2</sup> ) | ИОПСС,<br>дин·с·см <sup>-5</sup> |
|-------------------------|--------------------|----------------|--------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| До вводной анестезии    | 96,9±3,6           | 64,2±2,2       | 6,6±0,8            | 11,2±1,0            | 2,9±0,13                       | 46,1±0,5                        | 2500,3±93,5                      |
| После вводной анестезии | 71±3,1***          | 60,0±2,0       | 8,5±0,6            | 10,8±0,8            | 2,2±0,09***                    | 36,7±0,4***                     | 2389,3±146,1                     |
| Перед канюляцией        | 72,9±2,7***        | 72,7±1,9**     | 7,1±0,6            | 10,3±0,9            | 2,3±0,07***                    | 32,1±0,4***                     | 2327,3±100,3                     |
| 20 мин после протамина  | 80,1±2,5***        | 78,1±2,2***    | 9,9±0,5***         | 12,1±0,5            | 3,4±0,11*                      | 44,6±0,6                        | 1748,3±77,7***                   |
| Окончание операции      | 79,6±2,9***        | 72,8±2,3***    | 9,8±0,7**          | 10,2±0,7            | 2,9±0,12                       | 40,2±0,3**                      | 1790,6±123,7***                  |
| 2 ч после операции      | 85,4±2,2**         | 92,5±2,0***    | 3,9±0,6**          | 7,6±0,7*            | 3,0±0,09                       | 33,5±0,2***                     | 2208,2±96,5*                     |
| 4 ч после операции      | 92,3±2,5           | 93,6±2,7***    | 3,4±0,6**          | 6,2±0,6***          | 3,0±0,12                       | 33,5±0,3***                     | 2406,2±109,3                     |
| 6 ч после операции      | 94,6±2,6           | 90,9±2,6***    | 4,4±0,6*           | 6,5±0,6***          | 3,1±0,12                       | 34,8±0,4***                     | 2406,9±93,3                      |

\*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$  – различия достоверны по сравнению с исходными значениями

Таблица 2

**Параметры кислородтранспортной функции системы кровообращения  
на этапах операционного и послеоперационного периодов**

| Этапы                   | ИДО <sub>2</sub> ,<br>мл/(мин·м <sup>2</sup> ) | ИПО <sub>2</sub> ,<br>мл/(мин·м <sup>2</sup> ) | АВРО <sub>2</sub> ,<br>мл/л |
|-------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|
| До вводной анестезии    | 553,8±25,6                                     | 115,9±3,7                                      | 40,3±1,3                    |
| После вводной анестезии | 425,9±20,4***                                  | 88,7±3,8***                                    | 40,2±1,4                    |
| До ИК                   | 427,0±16,9***                                  | 90,1±3,3***                                    | 40,1±1,5                    |
| 5 мин ИК                | 348,6±9,4***                                   | 77,2±3,4***                                    | 28,3±1,2***                 |
| 30 мин ИК               | 329,9±9,8***                                   | 84,5±4,0***                                    | 30,9±1,1***                 |
| 20 мин после протамина  | 451,1±22,7**                                   | 98,4±5,6*                                      | 30,5±1,2***                 |
| После операции          | 442,9±27,0**                                   | 118,4±9,4                                      | 40,2±2,0                    |
| 2 ч после операции      | 538,1±20,3                                     | 140,9±4,8***                                   | 47,5±1,5***                 |
| 4 ч после операции      | 550,6±22,8                                     | 139,9±5,8**                                    | 46,2±1,4**                  |
| 6 ч после операции      | 559,1±26,4                                     | 134,1±7,8*                                     | 43,2±1,6                    |

\*  $p<0,05$ , \*\*  $p<0,01$ , \*\*\*  $p<0,001$  – различия достоверны по сравнению с исходными значениями

Таблица 3

**Динамика глюкозы и лактата  
на этапах операционного и послеоперационного периодов**

| Этапы                   | Глюкоза,<br>ммоль/л | Лактат,<br>ммоль/л |
|-------------------------|---------------------|--------------------|
| До вводной анестезии    | 5,6±0,3             | 1,39±0,23          |
| После вводной анестезии | 5,1±0,2             | 1,35±0,12          |
| До ИК                   | 5,5±0,2             | 1,36±0,11          |
| 5 мин ИК                | 5,2±0,2             | 1,65±0,16          |
| 30 мин ИК               | 6,1±0,3             | 2,03±0,16**        |
| 20 мин после протамина  | 7,3±0,3***          | 2,54±0,24**        |
| После операции          | 7,7±0,3***          | 2,32±0,21**        |
| 2 ч после операции      | 9,0±0,4***          | 2,36±0,19*         |
| 4 ч после операции      | 8,1±0,3***          | 2,07±0,22*         |
| 6 ч после операции      | 8,2±0,4***          | 2,05±0,21*         |

\*  $p<0,05$ , \*\*  $p<0,01$ , \*\*\*  $p<0,001$  – различия достоверны по сравнению с исходными значениями

ление кислорода регистрировалось при проведении перфузии и сопровождалось достоверным снижением АВРО<sub>2</sub> до 28,3±1,2 мл/л ( $p<0,001$ ) (табл. 2).

После окончания операции величина сердечного выброса, потребления кислорода и АВРО<sub>2</sub> не отличались от первоначальных значений, что свидетельствовало об эффективности КТФК на всех этапах операции на фоне севофлюрановой анестезии. К шестому часу после операции, величина потребления кислорода достоверно увеличивалась до 134,1±7,8 мл/(мин·м<sup>2</sup>) ( $p<0,05$ ) и была

связана с дальнейшей активизацией больных. На этом фоне величина АВРО<sub>2</sub> сначала возрастала до 47,5±1,5 мл/л ко второму часу послеоперационного периода ( $p<0,001$ ), а затем, к шестому часу после операции, снижалась до исходных значений (43,2±1,6 мл/л,  $p>0,05$ ).

Кроме того, мы проанализировали динамику содержания в крови глюкозы, которая является косвенным показателем адекватности защиты организма от факторов периоперационной агрессии [5, 9]. К моменту начала ИК увеличения уровня глюкозы в крови не происходило, что может быть объяснено снижением симпатoadренальной активности на предперфузионном этапе. Максимальные ее значения (9,0±0,4 ммоль/л,  $p<0,001$ ) регистрировались через 2 ч после операции и были связаны с активизацией пациентов на фоне экстубации трахеи. Максимальное увеличение уровня лактата до 2,54±0,24 ммоль/л ( $p<0,01$ ) происходило через 20 мин после введения протамина и было связано с гипергликемией на данном этапе операции ( $r = 0,66$ ;  $p<0,05$ ; табл. 3).

Время нахождения больных в палате интенсивной терапии составило 1,0±0,1 суток. Инотропная поддержка средними дозами адреналина понадобилась только одному пациенту (4%) вследствие развития у него периоперационного инфаркта миокарда. Нарушений ритма сердца в виде мерцательной аритмии у оперированных больных не было. Время госпитализации больных после операции составило 6,5±0,2 суток.

Очевидно, что благоприятное течение послеоперационного периода у обследованной группы пациентов было связано с определенным прекодирующим влиянием севофлюрана на уров-

не всего организма. Если прекодиционирующее действие севофлюрана на миокард уже установлено в экспериментальных и клинических исследованиях, то его действие на другие органы и системы требует более детального изучения.

## ВЫВОДЫ

1. Севофлюран является эффективным и безопасным анестетиком для обеспечения операций реваскуляризации миокарда у больных ишемической болезнью сердца.
2. Применение севофлюрана способствует устойчивому функционированию кислородтранспортной функции системы кровообращения на всех этапах операции.
3. Отсутствие системной вазодилатации при применении севофлюрана позволяет отказаться от инфузионной терапии на этапах пред- и постперфузионного периода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Константинов Б.А., Сандриков В.Т., Яковлев Ф.Д. Оценка производительности и анализ поцикловой работы сердца. Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1986. 140 с.
2. Burakovsky V.I., Alexi-Meskishvili V.V., Kartavenko V.I., Ryumina E.N. Acute hemodynamic disturbances following congenital heart disease // USA-USSR congenital heart symposium. Washington, 1977. № 7. P. 143–151.
3. Ebert T.J., Muzi M., Lopatka C.W. // *Anesthesiology*. 1995. V. 83. P. 88–95.
4. Eger E.I. // *Anesthesiology*. 1981. V. 55. P. 559.
5. Gore D.C., O'Brien R., Reines H.D. // *Crit. Care Med.* 1993. V. 21. P. 1712.
6. Harkin C.P., Pagel P.S., Kersten J.R. et al. // *Anesthesiology*. 1994. V. 81. P. 156–167.
7. Malan T.P., DiNardo J.A., Isner R.J. et al. // *Anesthesiology*. 1995. V. 83. P. 918–928.
8. Malviya S., Lerman J. // *Anesthesiology*. 1990. V. 72. P. 793.
9. Shamooh H., Hendler R., Sherwin R.S. // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1981. V. 52. P. 235.
10. Yasuda N., Lockhart S.H., Eger E.I. // *Anesthesiology*. 1991. V. 74. P. 489.

## OXYGEN-TRANSPORTING FUNCTION OF CARDIOVASCULAR SYSTEM DURING SEVOFLURANE ANESTHESIA IN MYOCARDIAL REVASCULARIZATION UNDER CARDIOPULMONARY BYPASS

V.V. Lomivorotov, A.A. Skopec, N.B. Karahalidis, O.S. Vastjinova, L.V. Lomivorotova

The aim of the study was to evaluate the efficiency of oxygen-transporting function of cardiovascular system during sevoflurane anesthesia in myocardial revascularization under cardiopulmonary bypass. 25 patients with coronary artery disease were studied. Mean arterial pressure, heart rate, cardiac index, total peripheral resistance, pulmonary artery pressure, pulmonary artery occlusion pressure, central venous pressure, oxygen delivery and consumption, arterio-venous difference in oxygen, the plasma level of glucose and lactate were studied. It was shown that sevoflurane is effective and safe anesthetic for myocardial revascularization under cardiopulmonary bypass. The use of sevoflurane permits to maintain adequate oxygen-transporting function of cardiovascular system during all stages of operation.

Key words: cardiopulmonary bypass, sevoflurane, oxygen-transporting function of cardiovascular system.