

© Коллектив авторов, 2008

УДК [616.132.13+616.132.2]=089.86:616.12-78

М.Ю.Шиганов, В.А.Волчков, В.В.Осовских, В.М.Пизин

СРАВНЕНИЕ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО И НЕПУЛЬСИРУЮЩЕГО РЕЖИМОВ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

Кафедра госпитальной хирургии № 1 (зав. — академик РАМН проф. Н.А.Яицкий) Санкт-Петербургского государственного медицинского университета им. акад. И.П.Павлова

Ключевые слова: кардиохирургия, искусственное кровообращение, пульсирующий и неппульсирующий поток кровообращения.

Введение. Кардиохирургия — одна из наиболее динамично развивающихся областей медицины. Во многом этот прогресс обусловлен развитием и широким применением искусственного кровообращения (ИК). Сейчас ежедневно в мире выполняются около 2000 операций на сердце с использованием ИК [3]. Несмотря на постоянное совершенствование методов проведения, ИК является вынужденной мерой, направленной на создание оптимальных условий для хирургической коррекции заболеваний сердца и кровеносных сосудов. ИК не физиологично и может приводить к хорошо известным негативным изменениям в организме [2, 4, 8, 10]. Существуют два режима проведения ИК: 1) режим пульсирующего потока, при котором насос аппарата моделирует работу сердца, создавая пульсовую волну с заданной частотой; 2) режим неппульсирующего, ламинарного потока, при котором насос аппарата искусственного кровообращения работает с одинаковой скоростью.

Выбор режима перфузии является одним из актуальных вопросов при исследовании ИК. В ряде работ указывается, что пульсирующий режим является более физиологичным, чем ламинарный [3, 6, 12, 15]. В других исследованиях не зарегистрировано достоверной разницы по влиянию режима перфузии на показатели гомеостаза оперируемых больных [1, 2, 7].

Цель данного исследования — сравнение пульсирующего и постоянного режима ИК при операциях аортокоронарного шунтирования.

Материал и методы. В исследование включен 61 пациент, оперированный в клиниках госпитальной хирургии № 1 и факультетской хирургии СПбГМУ им. акад. И.П.Павлова по поводу ишемической болезни сердца. Хирургическое вмешательство проводилось в условиях ИК, при

умеренной гипотермии — температура в пищеводе в среднем составила $(31,1 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ и pH-stat режима [2]. Были выделены две группы пациентов. В 1-ю группу вошли 32 пациента, которым ИК выполнялось в условиях пульсирующего потока. Во 2-ю группу вошли 29 пациентов, оперированных в условиях ламинарного потока. Средний возраст больных, среди которых было 93% мужчин и 6% женщин, составил в 1-й группе $(59,3 \pm 1,5)$ лет, во 2-й группе — $(58,5 \pm 1,3)$ года. Первичное заполнение контура аппарата искусственного кровообращения производилось раствором Рингера и маннитолом. Объем первичного заполнения аппарата рассчитывали по величине гематокрита, который во время перфузии составлял 27–29%. Средний объем первичного заполнения составил (2142 ± 250) мл. У всех больных анестезиологическое пособие включало тотальное внутривенное введение фентанила и кетамина на фоне миорелаксации ардуаном. В 1-й группе расход ардуана за операцию составил 0,15 мг/кг, фентанила — 0,11 мг/кг, кетамина — 18,5 мг/кг, во 2-й группе — ардуана — 0,14 мг/кг, фентанила — 0,08 мг/кг, кетамина — 17,2 мг/кг.

В 1-й группе у 91% больных выполнено аортокоронарное и маммарно-коронарное шунтирование, у 9% — аутовенозное аортокоронарное шунтирование, во 2-й группе — у 93 и 7% больных соответственно. Число наложенных шунтов — от 2 до 5. Объемная скорость перфузии при ИК составляла $2,5 \text{ л/м}^2$, время искусственного кровообращения — (123 ± 24) мин, время ишемии миокарда — (78 ± 16) мин. Исходная глобальная фракция выброса по УЗИ составила в 1-й группе $(57,7 \pm 1,4)\%$, во 2-й группе — $(58,3 \pm 2,1)\%$. Для интраоперационного исследования минутной и разовой производительности сердца устанавливали катетер Свана-Ганса, регистрировали и подвергали обработке значения: общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС), ударный индекс, сердечный индекс, давление в легочной артерии [14]. Отягощающую патологию имели пациенты обеих групп: хронический пиелонефрит — у 3,2%, язвенная болезнь желудка — у 1,6%, облитерирующий атеросклероз сосудов нижних конечностей — у 14,5%, сахарный диабет — у 1,6%.

Во время искусственного кровообращения с помощью перкутанного монитора газов крови TCO₂M фирмы «Novamatrix Medical Systems» исследовали напряжение транскутано определяемых кислорода (PtcO₂) и углекислого газа (PtcCO₂). Эти показатели сравнивали с напряжением углекислого газа и кислорода в артериальной (PaO₂, PaCO₂) и венозной крови (PvO₂, PvCO₂), определяемых с помощью газового анализатора Rapid Lab-248 фирмы «Bayer».

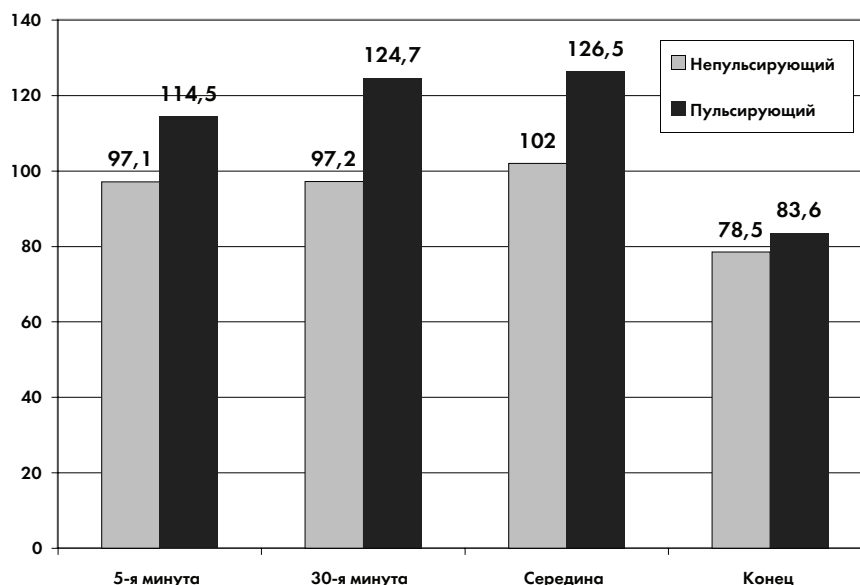


Рис. 1. Изменение значений локальной мощности при использовании пульсирующего и неппульсирующего режимов искусственного кровообращения.

По оси абсцисс — время перфузии; по оси ординат — локальная мощность, мВт.

Исследовали показатель локальной мощности, позволяющий рассчитать количество энергии, необходимое для согревания тканей больного, расположенных под датчиком перкутанного монитора газов крови до 44 °С. Чем лучше микроциркуляция в тканях под датчиком, тем большее количество тепла им отдается и тем больше тратится на это энергии. Во время операции рассчитывали показатели периферического кислородного баланса, сравнивали среднее артериальное давление и перфузионное давление, общее периферическое сопротивление сосудов, диурез. В послеоперационном периоде регистрировали биохимические показатели (общий билирубин, АЛТ, АСТ, протромбиновый индекс, общий белок, креатинин, мочевины); вычисляли лейкоцитарный индекс интоксикации.

Проведена статистическая обработка данных с помощью программы Microsoft Excel с выявлением средних величин, средней ошибки среднего арифметического.

Результаты и обсуждение. Сравнение показателей газов в артериальной и венозной крови с транскутанными газами позволило выявить, что при пульсирующем режиме перфузии PaO_2 — (174±6) мм рт.ст., PvO_2 — (49±1) мм рт.ст., PtcO_2 — (164±4) мм рт.ст. Транскутанно определяемое напряжение кислорода близко по показателям к артериальным газам, а напряжение двуокиси углерода ближе по показателям к венозной крови. PaCO_2 — (33±1) мм рт.ст., PvCO_2 — (39±1) мм рт.ст., PtcCO_2 — (45±1) мм рт.ст. Это связано с активизацией метаболических процессов при нагревании тканей под датчиком до 44 °С по сравнению с температурой остальных тканей около 32 °С.

При неппульсирующем режиме перфузии были зарегистрированы следующие параметры газообмена: PaO_2 — (191±4) мм рт.ст., PvO_2 —

(52±1) мм рт.ст., PtcO_2 — (103±4) мм рт.ст. При данном режиме перфузии транскутанное напряжение кислорода занимает промежуточное положение между венозными и артериальными газами. PaCO_2 — (41±1) мм рт.ст., PvCO_2 — (47±2) мм рт.ст., PtcCO_2 — (55±1) мм рт.ст., т.е. транскутанно определяемое напряжение двуокиси углерода ближе по значениям, как и при пульсирующем потоке, к газам в венозной крови, что также связано с нагреванием тканей под датчиком. Разница в pH артериальной крови между группами сравнения оказалась незначительна: в 1-й группе — $7,338 \pm 0,006$; во 2-й группе — $7,349 \pm 0,008$ ($p > 0,05$). Дефицит буферных оснований (BE) в 1-й группе составил $(3,1 \pm 0,3)$ ммоль/л, во 2-й группе — $(3,0 \pm 0,3)$ ммоль/л.

Значения локальной мощности в среднем составили при пульсирующем потоке $(117,5 \pm 2,3)$ мВт, при неппульсирующем потоке — $(92,1 \pm 1,7)$ мВт, что указывает на улучшение состояния микроциркуляции в области датчика монитора газов крови в 1-й группе по сравнению со 2-й группой (рис. 1).

Следовательно, отмечается однонаправленная динамика изменений кислорода и двуокиси углерода в газах крови и транскутанных газах при ИК в обеих группах. Рост и снижение транскутанных газов отстают от артериальных величин на 2–4 мин. Разница в концентрации кислорода, определяемого транскутанно при пульсирующем и ламинарном потоках, а также меньшее значение локальной мощности указывают на ухудшение микроциркуляции крови в коже больного при неппульсирующем режиме перфузии. Пульсирую-

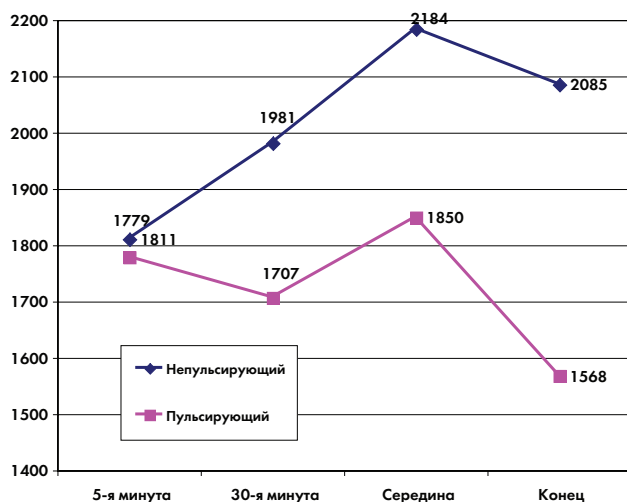


Рис. 2. Изменение индекса общего периферического сопротивления сосудов при использовании пульсирующего и неппульсирующего режимов искусственного кровообращения.

По оси абсцисс — время перфузии; по оси ординат — ОПСС (дин·с⁻¹·см⁻⁵).

щий поток во время ИК способствует сохранению микроциркуляции и периферического кровообращения тканей. Применение транскутанного монитора газов крови позволяет достоверно контролировать динамику показателей кислорода и двуокси углерода в крови и вовремя корректировать подачу дыхательной смеси в оксигенатор аппарата искусственного кровообращения.

При исследовании центральной гемодинамики было выявлено, что при мало различающихся параметрах среднего артериального давления [1-я группа — (73,0±1,2) мм рт. ст., 2-я группа — (74,0±1,6) мм рт. ст.] показатели ОПСС в 1-й и 2-й группе достоверно отличаются: в 1-й

группе — (1783±37,1) мм рт. ст., во 2-й группе — (2024±44,3) мм рт. ст. ($p<0,05$) (рис. 2).

В 1-й группе среднее давление в легочной артерии после перфузии и нейтрализации гепарина протамина сульфатом поднималось в меньшей степени, чем во 2-й группе — (32±5) и (35±7) мм рт. ст. соответственно) без достоверных различий. Сердечный индекс увеличился после хирургической коррекции в обеих группах. Следовательно, при пульсирующем потоке имеется улучшение микроциркуляции, что также подтверждается данными периферического кислородного баланса. Потребление и коэффициент экстракции кислорода больше в 1-й группе — 91,2 л/(мин·м²) и 26,3%, чем во 2-й группе — 55 л/(мин·м²). Повышение экстракции кислорода тканями привело к снижению сатурации венозной крови в 1-й группе — (78,2±0,1)% по сравнению со 2-й группой — (82,4±0,1)%. На снижение сатурации венозной крови при исследовании пульсирующего потока у детей обратил внимание и И.Н.Меньшугин, а для компенсации увеличенного потребления кислорода тканями предложил повысить объемную скорость перфузии [3].

Биохимические показатели, характеризующие функцию печени во 2-й группе, были достоверно выше на 2–10-е сутки после операции, чем в 1-й группе (таблица). Такая динамика наглядно показывает меньшее негативное воздействие на печень пульсирующего режима кровообращения. Это согласуется с результатами, полученными в остром эксперименте на животных, в которых обнаружены уменьшение количества и размеров центрлобарных участков некроза печеночной ткани и дилатации синусоидальных сосудов при использовании пульсирующего режима перфузии в течение 180 мин [9].

В научной литературе имеются сообщения о результатах экспериментальных исследований,

Биохимические показатели функции печени в послеоперационном периоде (M±m)

Показатели		Сутки после операции					
		1-е	2-е	3-и	4-е	6-е	10-е
Пульсирующий режим ИК	АЛТ, ммоль/л	0,52±0,02	0,48±0,02*	0,35±0,03*	0,29±0,01*	0,27±0,02*	0,28±0,02
	АСТ, ммоль/л	0,46±0,01	0,43±0,01*	0,38±0,02*	0,28±0,01*	0,26±0,02	0,22±0,02
	Билирубин, мкмоль/л	14,2±0,68	12,1±0,72*	9,9±0,91*	8,9±0,76*	6,5±0,93*	6,8±0,87
	Протромбиновый индекс, %	88±1,03	79±1,08	89±0,96*	94±1,12*	102±0,99*	98±0,92*
	Белок, г/л	72±0,71	68±0,68	69±0,88	74±0,82*	72±0,91	76±0,87
Непульсирующий режим ИК	АЛТ, ммоль/л	0,58±0,01	0,82±0,01	0,88±0,02	0,67±0,02	0,42±0,02	0,30±0,01
	АСТ, ммоль/л	0,49±0,02	0,61±0,02	0,60±0,01	0,49±0,03	0,31±0,03	0,23±0,02
	Билирубин, мкмоль/л	13,7±0,72	16,9±0,81	17,1±0,93	16,3±0,92	13,0±0,88	8,9±0,89
	Протромбиновый индекс, %	85±0,99	74±1,06	71±1,08	73±1,03	79±1,08	86±0,69
	Белок, г/л	70±0,89	63±0,71	65±0,85	64±0,73	73±0,91	69±0,86

* Статистически значимые различия ($p<0,05$) показателей между группами пульсирующего и неппульсирующего режимов искусственного кровообращения.

выполненных на поросятах и овцах, которые свидетельствуют об уменьшении почечного кровотока при различных режимах перфузии, однако данные изменения в значительно меньшей степени выражены в группах пульсирующего потока [11, 13]. В клинических исследованиях у кардиологических больных также выявлены более оптимальные показатели функции почек при пульсирующем режиме перфузии [10]. В проведенном исследовании в послеоперационном периоде уровень мочевины в крови составил $(6,7 \pm 0,1)$ ммоль/л и $(6,9 \pm 0,1)$ ммоль/л без достоверных различий. Величина уровня креатинина была больше во 2-й группе — $(0,129 \pm 0,004)$ ммоль/л, чем в 1-й группе — $(0,112 \pm 0,005)$ ммоль/л ($p < 0,05$). Диурез составил при пульсирующем режиме перфузии $(863,0 \pm 85,4)$ мл, при неппульсирующем — $(735 \pm 37,9)$ мл. Диурез во время ИК и уровень креатинина после операции демонстрируют меньшее негативное воздействие на почки пульсирующего режима ИК.

Лейкоцитарный индекс интоксикации в послеоперационном периоде с 1-х по 14-е сутки как косвенный маркер общей воспалительной реакции организма в группе пульсирующего режима ИК был изменен меньше — $(0,9 \pm 0,01)$ усл.ед., чем в группе неппульсирующего ИК потока — $(1,3 \pm 0,01)$ усл.ед., что указывает на более низкий уровень эндотоксикоза [5].

Таким образом, можно предполагать, что пульсирующий режим перфузии по сравнению с неппульсирующим режимом вызывает меньшее негативное действие ИК на различные органы и системы организма, что способствует более быстрому восстановлению их функции и, как следствие этого, скореешему выздоровлению больного.

Выводы. 1. Пульсирующий режим перфузии, моделируя сокращения сердца и сохраняя пульсовую волну, способствует улучшению микроциркуляции тканей, увеличению доставки и потребления кислорода тканями.

2. Определение газов крови с помощью транскутанного монитора позволяет непрерывно контролировать динамику показателей кислорода и углекислого газа в крови больного и вовремя корректировать подачу газовой смеси в оксигенатор.

3. Пульсирующий режим ИК более щадяще действует на печень и почки, что показано по динамике биохимических показателей (общий билирубин, АЛТ, АСТ, протромбиновый индекс, общий белок, креатинин, мочевина) в послеоперационном периоде.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Бунятян А. А., Третьякова Н. А., Мещеряков А. В. и др. Руководство по кардиоанестезиологии. — М.: Медицинское информационное агентство, 2005. — 686 с.

- Локшин Л. С., Лурье Г. О., Дементьева И. И. Искусственное и вспомогательное кровообращение в сердечно-сосудистой хирургии. — М.: Медицина, 1998. — 246 с.
- Меньшугин И. Н. Искусственное кровообращение у детей в условиях ганглионарной блокады и пульсирующего потока. — СПб.: СпецЛит, 1998. — 127 с.
- Осипов В. Н. Основы искусственного кровообращения. — М.: Медицина, 1976. — 453 с.
- Островский В. К., Машенко А. В., Янголенко Д. В. Лейкоцитарный индекс интоксикации и некоторые показатели крови при оценке тяжести течения и определении прогноза воспалительных, гнойных и гнойно-деструктивных заболеваний различных локализаций // Анест. и реаним. — 2005. — № 6. — С. 25–29.
- Шевченко Ю. Л., Михайленко А. А., Кузнецов А. Н., Ерофеев А. А. Кардиохирургическая агрессия и головной мозг. — СПб.: Наука, 1997. — 152 с.
- Abramov D., Tamariz M., Serrick C.I. et al. The influence of cardiopulmonary bypass flow characteristics on the clinical outcome of 1820 coronary bypass patients // Can. J. Cardiol. — 2003. — Vol. 19, № 3. — P. 237–243.
- Glenn P., Gravlee M.D., Ricbard F. et al. Cardiopulmonary bypass. Principles and Practice. — USA: Williams & Wikins, 1993. — 845 p.
- Herreros J., Berjano E.J., Sola J. et al. Injury in organs after cardiopulmonary bypass: a comparative experimental // Artif. Organs. — 2004. — Vol. 28, № 8. — P. 738–742.
- John E. Brodie, Ronald B. Johnson. The manual of clinical perfusion. — USA: Glendale Medical Corporation, 1997. — 468 p.
- Kocakulak M., Askin G., Kucukaksu S. et al. Pulsatile flow improves renal function in high-risk cardiac operations // Blood Purif. — 2005. — Vol. 23, № 4. — P. 263–267.
- Lodge A.J., Undar A., Daggett C.W. et al. Regional blood flow during pulsatile cardiopulmonary bypass and after circulatory arrest in an infant model // Ann. Thorac. Surg. — 1997. — Vol. 63, № 5. — P. 1243–1250.
- Nakamura K., Harasaki H., Fukumura F. et al. Comparison of pulsatile and non-pulsatile cardiopulmonary bypass on regional renal blood flow in sheep // Scand. Cardiovasc. J. — 2004. — Vol. 38, № 1. — P. 59–63.
- Paul L. Marino. The ICU Book. — Philadelphia: Williams & Wikins, 1996. — 639 p.
- Sezai A., Shiono M., Nakata K. et al. Effects of pulsatile CPB on interleukin-8 and endothelin-1 levels // Artif. Organs. — 2005. — Vol. 29, № 9. — P. 708–713.

Поступила в редакцию 28.01.2008 г.

M.Yu.Shiganov, V.A.Volchikov, V.V.Osovskikh,
V.M.Pizin

A COMPARISON OF THE PULSATILE AND NON-PULSATILE REGIMENS OF ARTIFICIAL BLOOD CIRCULATION IN OPERATIONS OF AORTO-CORONARY SHUNTING

The work is based on a clinical-laboratory analysis of the pulsatile and non-pulsatile regimens of artificial blood circulation. During operation under investigation were indices of gases of the arterial and venous blood. They were compared with those of gases obtained using the monitor of transcutaneous gases of blood. In the postoperative period a comparison was made between clinical and biochemical indices of blood and coagulogram. The data obtained have shown less negative influence of pulsatile regimen of blood circulation which manifests itself during artificial blood circulation as an increased delivery and extraction of oxygen by tissues, after operation — as improved blood indices.