

УДК 616.12-089.166-78

ПРОВЕДЕНИЕ ГИПОТЕРМИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ С ВЫСОКИМ ИНДЕКСОМ ПЕРФУЗИИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОНОРСКОЙ КРОВИ У ВЗРОСЛЫХ КАРДИОХИРУРГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

С.А. Евтушенко, Б.Л. Хаес, Л.С. Барбараш, В.В. Ломиворотов*

Учреждение РАМН «НИИ комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний СО РАМН». Кемерово
* ФГУ «Новосибирский НИИ патологии кровообращения им. акад. Е.Н. Мешалкина Росмедтехнологий»

evtusa@cardio.kem.ru

Ключевые слова: бескровное искусственное кровообращение, высокий индекс перфузии.

В настоящее время большинство специалистов по искусственному кровообращению (ИК) стремится не применять компоненты крови при заполнении контура экстракорпоральной циркуляции. Это обусловлено целым рядом причин, наиболее важной из них является негативное иммунологическое действие крови. Если учитывать, что существует реальный риск передачи целого ряда инфекционных агентов реципиенту, то спектр показаний к использованию донорской крови резко снижается [1].

В основе проведенного нами исследования лежит управляемая гемодилюция на этапе ИК с применением высокого индекса перфузии. Метод гемодилюции впервые был предложен в 1959 году [5]. Многочисленные экспериментальные и клинические исследования выявили три главных преимущества метода: уменьшение или полное исключение донорской крови во время перфузии, что устраняет синдром «гомологичной крови», уменьшает опасность переноса инфекционных заболеваний от донора к реципиенту, дает экономический эффект и т. д.; значительное уменьшение степени травматизации форменных элементов крови во время перфузии; улучшение тканевого кровотока (микроциркуляции), особенно при использовании растворов с низким молекулярным весом.

Избежать возникновения «кислородной задолженности» с патофизиологических позиций можно несколькими способами: увеличением доставки кислорода (DO_2), повышением доступности O_2 (KEO_2) тканям и уменьшением потребности тканей в O_2 . Это достигается путем: увеличения минутного объема кровообращения (МОК); нормализации периферического кровообращения, массогазопереноса на микроциркуляторном и клеточном уровне, фармакологической и физической защиты органов и тканей от гипоксии [2, 4]. Доставка O_2 тканям зависит

от объемной скорости кровотока и уровня тканевой экстракции O_2 [3].

Цель исследования – сравнение основных параметров центральной гемодинамики, показателей транспорта и потребления O_2 при проведении гипотермического ИК с высоким индексом перфузии без применения донорской крови и традиционного варианта перфузии, где в состав первичного заполнения входила эритроцитарная масса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В ходе исследования сравнивались две группы больных по 50 человек. В обе группы входили пациенты с врожденными, приобретенными пороками и ишемической болезнью сердца (табл. 1).

Средний возраст в исследуемой первой группе составил $40,0 \pm 12,84$ года и в контрольной (второй) $42,26 \pm 11,09$ года, площадь тела $1,75 \pm 0,18$ и $1,74 \pm 0,17$ м², соответственно.

Во всех случаях проводилось ИК с умеренной гипотермией не ниже 28 °С. В исследуемой группе в объем первичного заполнения не входила донорская кровь, а перфузионный индекс составлял 3,0 л/мин/м². В контрольной группе в состав первичного заполнения оксигенатора входила донорская эритроцитарная масса, перфузионный индекс не превышал 2,5 л/мин/м². Исходный гематокрит в среднем составлял в исследуемой группе $37,6 \pm 3,6\%$ и в контрольной $35,1 \pm 2,9\%$. Основу первичного заполнения в обеих группах составлял 10% гидроксипропилацетат, маннит 15%, сода и гордокс 1000000 ЕД. Первичный объем заполнения составил $1597,90 \pm 118,22$ и $1860,0 \pm 90,35$ мл, соответственно. Все перфузии проводились на оксигенаторах фирмы «BAXTER». Средняя продолжительность ИК в исследуемой группе составила

105,5±34,4 мин, в контрольной 114,5±34,5 мин, соответственно, время пережатия аорты составило 79,9±29,7 и 88,04±31,9 мин. Во всех случаях проводилась фармакохолодовая кристаллоидная кардиоплегия с последующим забором в аппарат искусственного кровообращения. Обезболивание в обеих группах проводилось по одной схеме. Распределение больных I и II группы по возрасту, весу, росту, длительности ИК и времени пережатия аорты представлено в табл. 2.

В ходе исследования проводился инвазивный мониторинг показателей центральной гемодинамики (катетер Сван-Ганса), уровня гемоглобина и гематокрита, рассчитывались показатели кислородтранспортной функции крови. Эти показатели оценивались и контролировались на этапах: I этап – перед ИК (исходный); II – этап после пережатия аорты; III – этап на глубине гипотермии; IV этап – сразу после окончания ИК; V – этап в ПИТ (к концу первых суток).

Использованные методы статистического анализа: описательная статистика; проверка однородности двух выборок осуществлялась с использованием критериев Манна-Уитни для несвязанных выборок и Вилкоксона для связанных; анализ таблиц сопряженности с использованием критерия хи-квадрат. Критическое

значение уровня значимости принималось равным 5% (0,05).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты мониторингирования основных показателей гемодинамики в обеих группах на различных этапах представлены в табл. 3. Как следует из результатов проведенного обследования в предперфузионном периоде (I этап исследования), в группах сравнения не наблюдалось достоверных различий между параметрами центральной гемодинамики. После пережатия аорты (II этап) и на глубине гипотермии (III этап) прослеживалась закономерная тенденция к снижению ОПСС и АДср. Причем значительно различались величины АДср., в I и II группе на втором и третьем этапах исследования 68,4±5,2; 65,2±10,5 мм рт. ст., и соответственно 57,2±4,6; 56,9±8,6 мм рт. ст., что объяснимо условиями исследования: в первой группе перфузионный индекс составлял 3,0 л/мин/м², а в контрольной 2,5 л/мин/м². В постперфузионном периоде (IV этап исследования) среди показателей центральной гемодинамики значимые различия были выявлены только для ОПСС. Как в первой, так и во второй группе эти значения стали достоверно ниже исходных. Пос-

Таблица 1

Распределение пациентов по полу и нозологии

Группы	Пол	ППС		ВПС		ИБС		Опухоли	
		абс.	%	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Исследуемая	Муж.	14	28,0	1	2,0	15	30,0	1	2,0
	Жен.	12	24,0	5	10,0	0	0	2	4,0
Сравнения	Муж.	17	34,0	1	2,0	14	28,0	2	4,0
	Жен.	13	26,0	2	4,0	0	0	1	2,0
Всего		56		9		29		6	

Таблица 2

Распределение больных по возрасту, весу, росту, длительности ИК и времени пережатия аорты

Параметры	I группа (n=50)	II группа (n=50)	p
Возраст, лет	40,0±12,8	42,2±11,1	0,36
Вес, кг	67,4±12,4	66,9±10,9	0,83
Рост, см	167,9±9,4	166,9±10,9	0,62
Площадь поверхности тела, м ²	1,75±0,18	1,74±0,17	0,76
Длительность ИК, мин	105,5±34,4	114,5±34,5	0,19
Время пережатия аорты, мин	79,9±29,7	88,04±31,9	0,19

Таблица 3

Основные показатели гемодинамики						
Параметр	Группы	Этапы исследования				
		перед ИК	после пережатия аорты	на глубине гипотермии	после остановки АИК	ПИТ
ЧСС, ударов в минуту	I	90,0±8,3	—	—	100,6±12,4	82,6±5,2
	II	92,2±10,2	—	—	100,8±15,7	87,7±7,4
	p	0,24			0,87	<0,001
АД ср., мм рт. ст.	I	78,7±4,2	68,4±5,2	65,2±10,5	68,6±3,2	64,3±5,6
	II	80,2±3,6	57,2±4,6	56,9±8,6	65,3±4,8	73,4±6,2
	p	0,11	<0,001	<0,001	0,12	<0,001
ЦВД, мм водн. ст.	I	2,5±2,0	3,8±1,6	4,2±1,2	5,4±2,2	3,2±1,2
	II	2,8±2,0	3,5±1,4	4,0±1,4	4,3±1,6	3,8±1,6
	p	0,46	0,69	0,56	0,06	0,04
ДЛА, ср. мм рт. ст.	I	20,7±2,2	—	—	22,3±2,3	18,9±1,5
	II	21,5±2,3	—	—	23,4±1,3	20,1±2,1
	p	0,08	—	—	0,04	0,001
ДЗЛК, мм рт. ст.	I	13,3±2,1	—	—	12,5±2,2	11,6±0,3
	II	12,6±2,2	—	—	11,6±2,1	12,7±0,8
	p	0,11			0,04	<0,001
МОК, л/мин	I	3,5±1,4	5,25±1,4	5,25±1,4	5,07±0,23	4,6±1,2
	II	3,3±1,2	4,35±1,1	4,35±1,1	5,09±0,26	4,9±0,8
	p	0,78	<0,001	<0,001	0,68	0,14
СИ, л/мин/м ²	I	2,0±0,3	3,0	3,0	2,9±0,2	2,6±0,4
	II	1,9±0,4	2,5	2,5	2,9±0,3	2,8±0,3
	p	0,16			1,0	0,005
ОПСС, дин/с × см ⁵	I	1741,7±110,6	984,3±78,5	929,5±53,6	997,2±56,7	1062,6±93,2
	II	1876,3±121,3	987,5±76,3	972,8±64,2	958,7±48,2	1136,3±98,4
	p	0,08	0,98	0,001	<0,001	<0,001

ле окончания ИК значение ОПСС было ниже в исследуемой группе. В обеих группах происходило значимое увеличение сердечного выброса и сердечного индекса на фоне прироста ЧСС и тенденции к увеличению средних показателей ДЛА. Значимый прирост сердечного выброса в раннем послеперфузионном периоде, на наш взгляд, объясним гиперкинетической реакцией миокарда на реперфузию после аноксического его состояния, хирургической коррекцией внутрисердечной гемодинамики либо реваскуляризацией миокарда.

Пятый этап исследования (ПИТ) характеризовался тенденцией к нормализации ЧСС (I группа – 82,6±5,2; II группа – 87,7±7,4) при

переводе в палату интенсивной терапии, где больные находились не более суток при неосложненном течении раннего послеоперационного периода. Стабильные показатели гемодинамики, более быстрое и равномерное согревание, отсутствие тремора позволили активизировать и экстубировать пациентов первой группы в первые 4,2±1,1 часа после операции, тогда как пациенты второй группы нуждались в продленной ИВЛ 10,5±2,1 ч послеоперационного периода. Показатели СИ на V этапе исследования в обеих группах оставались достоверно выше по сравнению с I этапом. Но следует отметить, что СИ на этапе ПИТ в I группе (2,6±0,4 л/мин/м²) был достоверно ниже по сравнению с СИ во II группе (2,8±0,3 л/мин/м²).

Исходя из динамики Hb и Ht (табл. 4) можно сказать, что минимальные значения в обеих группах соответствуют II этапу исследования (после пережатия аорты), это объясняется острой нормоволемической гемодилюцией после начала ИК. Но показатели Hb и Ht выше у больных контрольной группы, так как в состав объема первичного заполнения АИК входила донорская эритроцитарная масса. В ходе ИК происходило постепенное увеличение уровня Hb и Ht, за счет форсированного диуреза и применения гемоконцентратора. Если на этапах гипотермии (III этап) и после окончания ИК (IV этап) уровень гемоглобина был выше у больных II группы, то на V этапе (ПИТ) этот показатель не имел достоверных различий. Здесь же следует отметить, что более высокий уровень Hb у больных контрольной группы не приводил к увеличению потребления O_2 на перфузионных этапах исследования, это согласуется с данными M. Seeag и соавт. [6], которые, изучая взаимосвязь VO_2 и DO_2 у кардиохирургических больных, обнаружили, что гемотрансфузия увеличивает доставку, но не влияет на потребление кислорода.

В табл. 5 представлены данные, характеризующие доставку, потребление и коэффициент утилизации кислорода. При анализе полученных данных обращает на себя внимание, что показатели первой и второй групп практически не имеют достоверных различий на первом

(доперфузионном) этапе исследования. Стартовые значения кислородной емкости крови, доставки O_2 , потребления и коэффициента утилизации O_2 ниже нормальных показателей здорового человека, что объяснимо характером патологии, состоянием покоя (наркоз) и мышечной релаксации. Невысокое CaO_2 отчасти объясняется предварительной гемодилюцией на доперфузионном этапе и исходно сниженным ОЦК как проявлением сердечно-сосудистой патологии. На втором этапе исследования (после пережатия аорты) отмечается резкое снижение кислородной емкости крови (КЕК) за счет острой изоволемической дилуции, причем более выраженное у пациентов I группы, где в состав первичного заполнения АИК не входит донорская кровь. Но при этом доставка O_2 остается на более высоком уровне, за счет более высокой объемной скорости кровотока, чем у пациентов группы сравнения. Потребление кислорода возрастает в обеих группах и соответственно увеличивается коэффициент утилизации O_2 . Доставка кислорода на III этапе исследования незначительно возрастает в обеих группах из-за увеличения кислородной емкости крови, за счет увеличения Ht на фоне форсированного диуреза либо применения гемоконцентратора. Потребление O_2 (vO_2) на этапе гипотермии значительно ниже нормальных значений в обеих группах, но достоверно выше в исследуемой группе и соответственно различа-

Таблица 4

Динамика показателей Hb и Ht			
Показатель	I группа (n=50)	II группа (n=50)	p
Исходные показатели перед ИК (I этап)			
Гемоглобин, г/л	129,3±8,3	126,5±6,1	0,06
Гематокрит, %	37,6±3,6	35,1±2,9	0,08
После пережатия аорты (II этап)			
Гемоглобин, г/л	66,7±14,8	77,2±12,3	<0,001
Гематокрит, %	22,8±7,2	26,6±5,7	0,004
На глубине гипотермии (III этап)			
Гемоглобин, г/л	69,2±12,5	73,7±14,2	0,10
Гематокрит, %	23,4±6,1	25,9±6,8	0,06
После отключения АИК (IV этап)			
Гемоглобин, г/л	81,6±10,6	102,3±11,5	<0,001
Гематокрит, %	27,9±3,6	30,6±3,4	<0,001
ПИТ (V этап)			
Гемоглобин, г/л	108,7±9,4	106,9±10,3	0,36
Гематокрит, %	32,2±6,1	31,4±2,8	0,40

Таблица 5

Динамика транспорта, потребления и коэффициента утилизации кислорода

Параметр	Группа	Этапы исследования				ПИТ
		перед ИК	после пережатия аорты	на глубине гипотермии	после остановки АИК	
CaO ₂ , мл/л	I	16,2±5,1	8,8±3,7	9,1±3,9	10,5±4,6	13,7±2,1
	II	15,9±4,3	10,2±4,2	9,7±4,5	12,9±5,2	13,3±2,8
	p	0,79	0,09	0,91	0,02	0,36
DO ₂ , мл/мин	I	567,3±12,3	461,4±11,1	479,4±10,3	530,8±12,1	632,9±12,4
	II	526,3±13,7	441,5±10,6	422,3±9,6	656,6±14,9	653,7±13,5
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
VO ₂ , мл/мин	I	96,4±4,2	124,9±6,5	87,6±3,2	165,2±5,5	113,6±2,2
	II	80,2±4,8	113,9±5,6	55,6±3,5	270,7±7,1	122,9±2,4
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
KYO ₂ , %	I	16,9±2,1	27,0±1,4	18,2±0,5	31,1±0,7	17,9±0,4
	II	15,2±1,2	25,7±1,4	13,1±0,8	41,2±0,9	18,8±0,7
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Ca-vO ₂ , мл/л	I	27,5±2,1	23,7±1,2	16,6±1,3	32,5±2,8	24,6±1,5
	II	24,3±1,8	26,1±1,6	12,7±1,4	53,1±3,2	25,1±1,3
	p	0,06	<0,001	<0,001	<0,001	0,08

ются коэффициенты утилизации O₂ (KYO₂): 18,2±0,5 в I группе; 13,1±0,8 во II группе. На IV этапе исследования (после окончания ИК) газовый состав крови приобретает следующий вид: кислородная емкость крови и доставка O₂ возрастает в большей степени во II группе больных, вместе с этим значительно возрастает VO₂ и KYO₂. Если KYO₂ в исследуемой группе возрастает по сравнению с гипотермией не более чем в два раза, то в группе сравнения этот показатель имеет трехкратное увеличение, что указывает на активное потребление кислорода после перенесенной ишемии. На V этапе исследования (ПИТ) кислородная емкость крови в обеих группах достоверно не различается, но имеет более низкое значение по сравнению с исходной за счет интраоперационной кровопотери. Доставка кислорода в обеих группах превышает исходные значения за счет более высокого СИ, но показатели потребления и коэффициента утилизации во II группе незначительно превышают таковые в I группе больных. Артериовенозная разница по содержанию кислорода (Ca-vO₂) отражает динамику потребления кислорода. На I и V этапах достоверных различий между группами нет. На этапах II, III и IV различия достоверны. Причем наибольшая

разница в показателях прослеживается на момент завершения ИК, в группе сравнения Ca-vO₂ возрастает более чем в четыре раза, что говорит о кислородной задолженности. В контрольной группе Ca-vO₂ закономерно увеличивается, но только в два раза и остается не более 40 мл/л, что говорит об отсутствии кислородной задолженности на момент согревания и отхождения от ИК. Хотя уровень гемоглобина к этому моменту у пациентов I группы достоверно ниже, чем у пациентов группы сравнения.

ВЫВОДЫ

1. При использовании метода «бескровного» ИК с высокой (3,0 л/мин/м²) скоростью перфузии гемодинамические параметры достоверно не отличались от полученных показателей центральной гемодинамики в группе с традиционным вариантом перфузии. В то же время отмечалась тенденция более благоприятных изменений показателей центральной гемодинамики в исследуемой группе на основных этапах исследования.
2. Низкая кислородная емкость крови в группе исследуемых больных не влияет на достав-

ку O_2 тканям за счет высокой объемной скорости кровотока.

3. Использование высокого индекса перфузии ($3,0 \text{ л/мин/м}^2$) во время гипотермического искусственного кровообращения позволяет избежать кислородной задолженности во время перфузии и на этапе согревания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов А.Ю., Самсонова Н.Н., Акимов И.В. и др. // *Анестезиология и реаниматология*. 2006. № 3
2. Мороз В.В., Остапченко Д.А., Мещеряков Г.Н., и др. // *Анестезиология и реаниматология*. 2002. № 6. С. 4–9.
3. Рябов Г.А. *Гипоксия критических состояний*. М., 1988.
4. Liberman S.A., Weiskopf R.B., Helley S. // *Anesthesiology*. 2000. V. 340. № 6. P. 409–417.
5. Panico F.G., Neptune W.B. // *Surgical Forum*. 1959. V. 10. P. 605–609.
6. Seear M., Wensley D., Mac N.A. // *J. Pediatr*. 1993. V. 123. P. 208–214.

HYPOTHERMIC EXTRACORPOREAL CIRCULATION WITH HIGH PERFUSION QUOTIENT WITHOUT USE OF DONOR BLOOD IN ADULT CARDIAC PATIENTS

S.A. Yevtushenko, B.L. Khayes, L.S. Barbarash, V.V. Lomivorotov

Use of donor blood during extracorporeal circulation remains one of urgent problems in modern perfusiology. This study centers on the results obtained when using one of bloodless perfusion methods. 100 patients with a mean age of 41.0 ± 12.8 years were studied. All the patients underwent different operations under extracorporeal circulation (EC). The 1st group included patients who underwent high-quotient bloodless perfusion, while the 2nd group patients was exposed to EC with a traditional use of donor blood. The groups under study demonstrated comparable data on oxygen transport despite a different oxygen capacity of blood. The duration of artificial lung ventilation after intervention in the 1st group was significantly lower (4.2 ± 1.1 hours versus 10.5 ± 2.1 hours, $p < 0.05$). High-quotient perfusion, when used in cardiac surgery, enables to effectively use bloodless perfusion. This approach allows for avoiding the use of donor blood with its potential unfavorable consequences.

Key words: bloodless extracorporeal circulation, high-quotient perfusion.