

НАРУШЕНИЯ КИСЛОТНО-ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ КРОВИ У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННЫМИ ПОРОКАМИ СЕРДЦА ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ С ИСКУССТВЕННЫМ КРОВООБРАЩЕНИЕМ

А.Ю. Баканов, И.Н. Меньшугин, А.В. Наймушин, А.П. Михайлов, А.Е. Баутин, Е.Я. Малая,
И.В. Бельянинова, Е.Н. Пахоменко, Д.А. Боткин

ФГУ «Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова» Росмедтехнологий,
Санкт-Петербург

bakanov_a@pochta.ru

Ключевые слова: метаболизм, гипергликемия, гиперлактатемия, искусственное кровообращение, врожденные пороки сердца.

Нарушения кислотно-основного состояния (КОС) крови являются нередкими причинами, осложняющими течение раннего послеоперационного периода у детей с ВПС, перенесших операцию в условиях искусственного кровообращения (ИК).

Искусственное кровообращение оказывает негативное воздействие на кислородный баланс организма. Это связано с нефизиологичной системой кровообращения, при этом неминуемо формируются зоны нарушения микроциркуляции. Гемодилюция, возникающая при искусственном кровообращении, приводит к снижению доставки кислорода. Все эти факторы способны приводить к усилению анаэробного обмена и накоплению недоокисленных продуктов метаболизма [2, 5, 6, 11]. После нормализации микроциркуляции эти продукты, попадая в кровоток, приводят к истощению буферных систем организма и впоследствии к нарушениям кислотно-основного состояния крови. Таким образом, нарушения кислотно-основного состояния являются следствием нарушений микроциркуляции и тканевой гипоксии. Также возможно формирование задолжности по кислороду, возникающее во время ИК и вследствие неравномерности охлаждения и согревания организма ребёнка [3, 7, 8, 10].

Анализ литературных данных показал, что результаты исследований по вопросу частоты встречаемости и структуры нарушений КОС крови у детей, перенесших операции с искусственным кровообращением, различаются в широком диапазоне. Так, коллектив авторов детского госпиталя Бристолья [4] показал, что метаболический ацидоз наблюдается в раннем послеоперационном периоде у 73,3% детей оперируемых в условиях искусственного кровообращения. В другом исследовании [1] установлено, что метаболический ацидоз в 74% случаев был связан с гиперхлоремией. В ра-

боте коллектива авторов из торакального центра Роттердама [9] сообщается, что гемодилюция, возникающая при проведении ИК, у детей раннего возраста, может приводить к развитию метаболического ацидоза, авторы отмечали развитие ацидоза в раннем послеоперационном периоде у 49% детей. Публикации, где предпринималась бы попытка провести исследование структуры нарушения кислотно-основного состояния крови, нам не встречались. Цель – оценить частоту встречаемости и структуру нарушений КОС крови в раннем послеоперационном периоде у детей с ВПС.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Данное проспективное исследование проводилось в нашем центре в период с 1 марта 2006 года по 20 сентября 2007 г. В исследование включены пациенты от 1 года до 17 лет, оперированные по поводу ВПС в условиях ИК. План проведения исследования был одобрен этическим комитетом центра. Родители пациентов давали письменное добровольное согласие на участие в научной программе.

В исследование были включены 72 ребенка, которым выполнялись операции коррекции ВПС в условиях искусственного кровообращения (табл.).

Критериями исключения из исследования являлись: отказ родителей от участия в программе; исходный уровень лактата в плазме > 2 ммоль/л; нарушения кислотно-основного состояния крови на дооперационном этапе; сахарный диабет в анамнезе; генетические метаболические синдромы.

Индукция в анестезию проводилась в присутствии родителей путем внутримышечной инъекции следующих препаратов: кетамин в дозе 7 мг/кг; реланиум в дозе 0,25 мг/кг; атропин в дозе 0,15 мг/кг. После наступления

До- и интраоперационные характеристики пациентов

<i>Клинико-демографические характеристики пациентов</i>	
Возраст, годы	6,9±4,6
Пол	
мужской	43%
женский	57%
Площадь поверхности тела, м ²	0,86±0,34
Индекс Кетле	16,8±4,03
Длительность, мин	
операции	214,0±88,0
ИК	81,0±58,0
перезагрузки аорты	54,0±42,0
<i>Нозологические формы ВПС</i>	
Дефекты межпредсердной перегородки	40,3% (29)
Дефекты межжелудочковой перегородки	32,8% (26)
Частичный аномальный дренаж легочных вен	4,2% (3)
Тетрада Фалло	4,2% (3)
Атрезия легочной артерии с ДМЖП	4,2% (3)
Неполная форма АВ-канала	4,2% (3)
Стеноз аортального клапана	1,4% (1)
Митральная недостаточность	1,4% (1)
Двойное отхождение сосудов от ПЖ	1,4% (1)
Атрезия трехстворчатого клапана	1,4% (1)
Аномальное отхождение коронарной артерии от легочной артерии	1,4% (1)
<i>Типы хирургических операций</i>	
Коррекция дефектов перегородок	73,1% (55)
Радикальная коррекция	
аномального дренажа легочных вен	4,2% (3)
тетрады Фалло	4,2% (3)
АВ-канала	4,2% (3)
двойного отхождения сосудов от ПЖ	1,4% (1)
Операция Росса	1,4% (1)
Пластика митрального клапана	1,4% (1)
Операция Фонтена	4,2% (3)
Реимплантация коронарной артерии в аорту	1,4% (1)

стойкого седативного эффекта ребенок доставлялся в операционную. На фоне преоксигенации 100% FiO₂ выполнялась пункция периферической вены с введением миорелаксанта. Миоплегия осуществлялась внутривенной инъекцией пипикурония бромидом в дозе 0,1 мг/кг, после которой проводилась вспомогательная ИВЛ в режиме SIMV в течение 4 мин, далее выполнялась оротрахеальная интубация трахеи

эндотрахеальной трубкой соответствующего диаметра и перевод пациента на ИВЛ на аппарате Datex Ohmeda ADU AS-5 (Финляндия) в режиме контроля по объему (IPPV-режим). После перевода пациента на ИВЛ выполнялась катеризация внутренней яремной вены двухпросветным катетером B Braun соответствующего размера. Поддержание анестезии достигалось дискретным болюсным введением фентанила 5–7 мкг/(кг · ч) (суммарно за всю операцию 25–30 мкг/кг) и изофлураном с контролем минимальной альвеолярной концентрации в диапазоне 1,2–1,4. Во время искусственного кровообращения проводилась инфузия дипривана в дозе 10–15 мкг/(кг · ч).

Искусственное кровообращение пациентам проводилось по стандартной методике, принятой в нашем центре, на аппаратах Stockert SIII (Sorin Group Deutschland GmbH, Германия). Применялись одноразовые системы для экстракорпоральной циркуляции с мембранным оксигенаторами Dideco (Sorin Group Deutschland GmbH, Германия), индивидуально подобранными по весовым показателям ребенка. Первичный объем контура циркуляции заполнялся коллоидно-кристаллоидным перфузатом с добавлением эритроцитарной массы, свежезамороженной плазмы и раствора гепарина из расчета 5 000 Ед на 1 000 мл раствора. Расчет состава и объема перфузата проводился индивидуально на каждого ребенка. Перфузионный индекс поддерживался в диапазонах 2,8–3,2 л/(мин · м²) (в зависимости от возраста) при поверхностной гипотермии 32–34 °С. Среднее перфузионное давление поддерживалось в диапазонах 30–70 мм рт. ст. Управление режимами оксигенации проводилось путем изменения концентрации FiO₂ в смеси газов кислород/воздух, подаваемой в оксигенатор, а так же путем изменения потока газа. При этом рО₂ в артериальной крови поддерживалось в диапазоне 150–250 мм рт. ст., а рСО₂ в диапазоне 33–38 мм рт. ст. Контроль системной гепаринизации выполнялся путем измерения активированного времени свертывания, которое поддерживалось в диапазоне >480 с. Забор проб крови во время перфузии проводился каждые 30 минут. При необходимости выполнялись соответствующие коррекции выявленных нарушений.

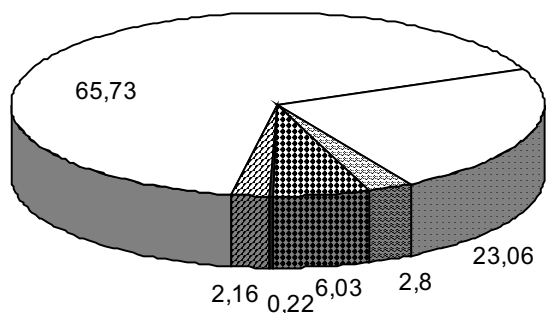
Статистический анализ выполнялся на компьютерной программе Cardioanesthesia Stat, специально созданной для работы с базой данных. Программа предоставляет возможности проведения статистической обработки всей имеющейся информации с привлечением совре-

менных средств статистического анализа. Описательная статистика проводилась с целью выявления частоты встречаемости гиперлактатемии в послеоперационном периоде. Дисперсный анализ позволял находить межгрупповые различия пациентов, корреляционный анализ выявлял связи между несколькими анализируемыми признаками. Сравнительный анализ двух групп выполнялся при помощи критерия Стьюдента, величина $p < 0,05$ характеризовала достоверные различия в сравниваемых группах. Ранжирование по временным критериям развития события выполнялось в автоматическом режиме с формированием однородных групп сравнения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследовав частоту встречаемости нарушений КОС в раннем послеоперационном периоде, мы получили следующие данные: нормальные показатели КОС крови отмечались в 64,45% анализов. Наиболее часто встречающимся нарушением был метаболический ацидоз, который регистрировался в 23,7% случаев (рис. 1).

Следующим этапом данного исследования являлось проведение анализа нарушений КОС крови в каждом временном интервале (рис. 1). Анализ этих интервалов показал, что метаболический ацидоз наблюдается в значительном проценте случаев во всех временных интервалах. Вместе с тем отмечается динамика уменьшения процентного отношения метаболического ацидоза, начиная с 7-го часа после операции.



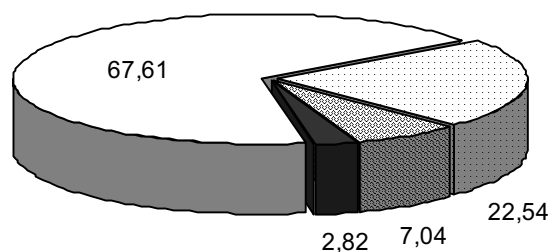
- $7,45 > pH > 7,35$ (норма)
- ▨ $pH > 7,35$; $BE < -2$ (метаболический ацидоз)
- ▤ $pH < 7,35$; $pCO_2 > 45$ (респираторный ацидоз)
- ▥ $pH > 7,45$; $pCO_2 < 35$ (респираторный алкалоз)
- $pH > 7,45$; $BE > 2$ (метаболический алкалоз)
- ▩ другие нарушения

Рис. 1. Структура нарушений КОС крови.

В первом временном интервале (1–6 ч) наблюдался значительный процент (12,1%) нарушений в виде респираторного алкалоза. Рассматривая второй временной интервал (7–11 ч), мы обнаружили резкое снижение количества пациентов с респираторным алкалозом. По нашим данным, явления респираторного алкалоза связаны с (ИВЛ), поскольку после перевода ребенка с ИВЛ на самостоятельное дыхание респираторный алкалоз наблюдался лишь в 2,3% наблюдений.

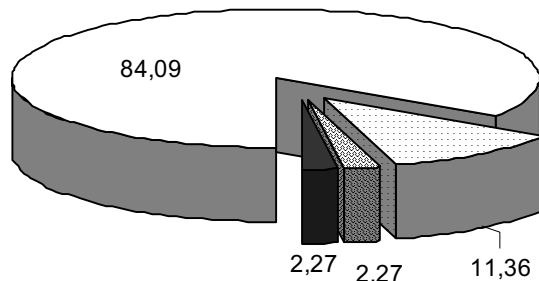
Регресс респираторного алкалоза сопровождался увеличением случаев респираторного ацидоза, пик которого (7%) приходился на 12–16-й час наблюдения. К концу первых суток явления респираторного ацидоза не отмечалось, а процент показателей КОС, укладывающихся в границы нормальных показателей, составлял 84,1% (рис. 2).

Интервал 12–16 ч



- $7,45 > pH > 7,35$ (норма)
- ▨ $pH > 7,35$; $BE < -2$ (метаболический ацидоз)
- ▤ $pH < 7,35$; $pCO_2 > 45$ (респираторный ацидоз)
- другие нарушения

Интервал 22–26 ч



- $7,45 > pH > 7,35$ (норма)
- ▨ $pH > 7,35$; $BE < -2$ (метаболический ацидоз)
- ▤ $pH > 7,45$; $pCO_2 < 35$ (респираторный алкалоз)
- другие нарушения

Рис. 2. Нарушения КОС крови во временных интервалах.

ВЫВОДЫ

1. Нарушения КОС крови наблюдаются у 34,27% детей, перенесших операцию в условиях искусственного кровообращения.
2. Данные нарушения имеют регрессивное течение, и к концу первых суток у большинства пациентов нарушений кислотно-основного состава крови не выявлялось.
3. Операция с искусственным кровообращением представляет собой серьезное, с точки зрения влияния на механизмы поддержания гомеостаза ребенка, вмешательство, способное вызывать различные нарушения регуляторных механизмов кислотно-основного баланса крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hatherill M., Salie S., Waggle Z. et al. // *Archives Disease Childhood*. 2005. V. 90. P. 1288–1292.
2. Maillet J.-M., Le Besnerais P., Cantoni M. et al. // *Chest*. 2003. V. 123. P. 1361–1366.
3. Munoz R., Laussen P.C., Palacio G. et al. // *J. Thorac. Cardiovasc Surg*. 2000. V. 119 (1). P. 155–162.
4. Murray D.M., Olhsson V., Fraser J.I. // *J. Thorac. Cardiovasc. Surg*. 2006. V. 117 (1). P. 255–262.
5. Marco R., De Toffol B., Isgro G. et al. // *Critical Care*. 2006. V. 10.
6. Raper R.F., Cameron G., Walker D., Bovey C.J. // *Crit. Care Med*. 1997. V. 25. P. 46–51.
7. Rashkin M.C., Bosken C., Baughman R.P. // *Chest*. 1985. V. 87. P. 580–584.
8. Takala J., Uusaro A., Parviainen I., Ruokonen E. // *New Horiz*. 1996. V. 4. P. 483–492.
9. Thiel R., Koopman S.R., Takkenberg J.J.M. // *Eur. J. CardioThorac. Surg*. 2005. V. 28. P. 229–233.
10. Totaro R., Raper R.F. // *Crit. Care Med*. 1997. V. 25. P. 1693–1699.
11. Weil M.H., Afifi A.A. // *Circulation*. 1970. V. 41. P. 989–1001.

**ABNORMALITIES OF ACID-BASE BALANCE
IN CHILDREN WITH CONGENITAL HEART
DISEASE AFTER CARDIOPULMONARY BYPASS
SURGERY**

A.Yu. Bakanov, I.N. Menshugin, A.V. Naimushin,
A.P. Mikhailov, A.Ye. Bautin, Ye.Ya. Malaya,
I.V. Belianinova, Ye.N. Pakhomenko, D.A. Botkin

Abnormal acid-base balance of blood can frequently lead to complications following cardiopulmonary bypass surgery in children with congenital heart disease in the early postoperative period. Cardiopulmonary bypass affects an organism's oxygen balance. This influence is not related to the physiological circulation system and is accompanied by the occurrence of abnormal areas in the microvasculature. Hemodilution resulting from extracorporeal circulation leads to reduced oxygen supply. All these factors might give rise to various abnormalities of the metabolic profile.