



Интерпретация анализа кислотно – щелочного состояния и газов крови

Шведов К.С.

г.Нижневартовск

Основы физиологии КОС

Кислотность или щелочность раствора зависит от концентрации в нем свободных ионов H^+

- **кислота** - вещество, способное отдавать ионы водорода (донатор)
- **основание** - способное присоединять (акцептор)

Содержание $[H^+]$ в плазме крови в основном определяется соотношением между парциальным давлением углекислого газа (P_{aCO_2}) и анионами бикарбоната (HCO_3^-)

$$H^+ \text{ (нмоль/л)} = 24 \frac{P_{aCO_2}}{HCO_3}$$

pH крови – отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов, определяется уравнением Henderson - Hasselbalch

$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{(\text{PaCO}_2 \times 0,0308)}$$

Физиологические механизмы компенсации нарушений КОС

- буферные системы организма (БС)
- легкие
- почки
- кожа
- ЖКТ
- печень

Буферные системы организма (БС)

Соединяются с кислотами или основаниями и ограничивают возможные изменения концентрации водородных ионов (бикарбонатная, гемоглобиновая, костно-тканевая, фосфатная и др.).

БС реагируют на изменение pH немедленно, но диапазон их компенсаторных возможностей достаточно мал

Бикарбонат реагирует с ионом водорода, образуя угольную кислоту, которая существует в равновесии с CO_2 :



Дыхательная система, выводящая из организма CO₂ является одной из важнейших составляющих механизма, обеспечивающего постоянство КОС



карбоангидраза

Компенсаторный ответ со стороны легких в ответ на метаболические нарушения развивается значительно быстрее почечных реакций, достигая максимума уже в первые сутки

Роль почек в регуляции КОС

- регуляция реабсорбции HCO_3^- в проксимальных канальцах
- экскреция нелетучих органических кислот, образующихся в результате метаболизма
- экскреция ионов водорода с мочой в виде кислых фосфатов (NaH_2PO_4) и солей аммония (NH_4Cl).

Ацидоз < ($\text{pH} = 7.35 - 7.44$) > Алкалоз

- **метаболический (ацидоз, алкалоз)**
- **респираторный (ацидоз, алкалоз)**
- **смешанный (ацидоз, алкалоз)**

- PaO_2 – парциальное напряжение кислорода в артериальной крови
- $PaCO_2$ – парциальное напряжение углекислого газа в артериальной крови

парциальное напряжение газа – это та часть общего барометрического давления, которая обеспечивается молекулами данного компонента газовой смеси

Стандартный бикарбонат (СБ, Standart bicarbonate, SBC) – концентрация всех форм бикарбоната в плазме крови при $\text{PaCO}_2 = 40$ мм рт ст, температуре тела 38°C и 100% насыщении крови кислородом.

В норме равен 24 ммоль/л. Характеризует степень влияния метаболических процессов на КОС крови, полностью исключая влияние дыхания на этот показатель

Актуальный (истинный) бикарбонат (ABC)

содержание НСОЗ⁻ в крови данного больного при данных конкретных условиях, расчетный показатель

BD/BE (Base deficit/base excess, дефицит/избыток буферных оснований) – показывают, сколько миллимолов кислоты или основания следует прибавить к 1 л крови для приведения рН к 7.4 при $\text{PaCO}_2 = 40$ мм рт ст, температуре тела 38°C , содержании протеинов 70 г/л, гемоглобина 150 г/л и 100% насыщении крови кислородом.

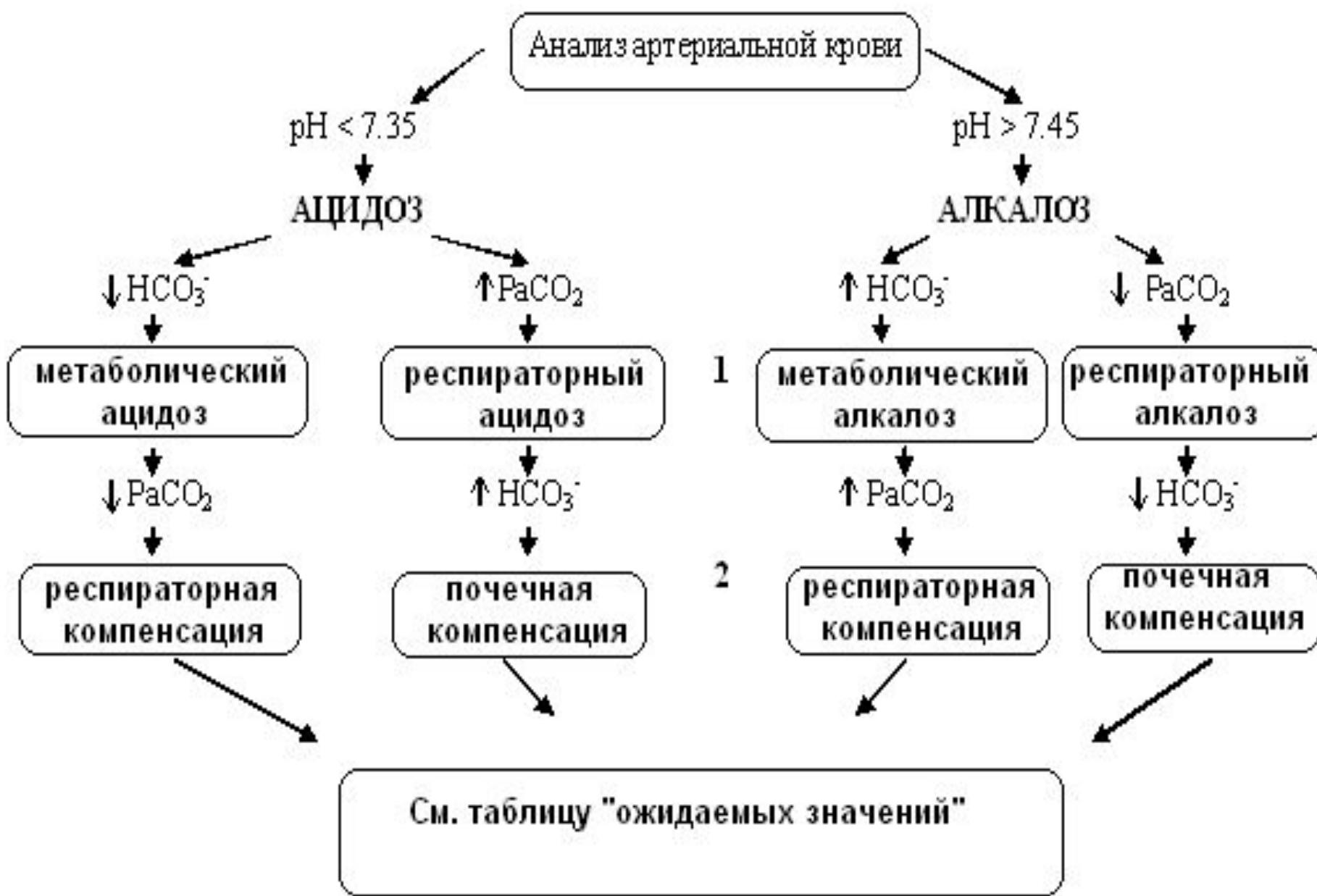
Параметр позволяет оценить степень метаболических нарушений КОС и метаболической компенсации дыхательных нарушений. Нормой считается отклонение параметра в пределах ± 2 .

При интерпретации результата необходимо исключить вероятные преаналитические и аналитические ошибки и проводить оценку в **конкретном клиническом контексте** с учетом данных анамнеза.

В случае, если результат не соответствует клиническому состоянию пациента или резко отличается от предыдущего анализа, возможно, следует повторить анализ, прежде чем менять тактику лечения.

Вероятные ошибки

- **преаналитические** – до момента доставки крови в анализатор (наибольшая доля ошибок)
- **аналитические** – связанные непосредственно с процедурой проведения анализа в аппарате, технической неисправностью или погрешностью аппарата, неправильной калибровкой и т.п.
- **ошибки после взятия пробы** – неверная интерпретация, оценка без учета клинического статуса пациента



1. Преобладающее нарушение
2. Ожидаемая компенсация

1. Оцениваем рН

Ацидоз < ($\text{рН} = 7.35 - 7.44$) > Алкалоз

2. Определяем механизм нарушений (респираторные или метаболические)

Изменен ли PaCO_2 при измененном рН?

Если PaCO_2 снижено, возможно 2 варианта:

- Первичное расстройство – *респираторного* характера (дыхательный алкалоз)
- pH и PaCO_2 изменены в противоположных направлениях.

$\text{pH} = 7,55$ (\uparrow), $\text{PaCO}_2 = 22$ мм рт ст (\downarrow)

Если PaCO₂ снижено, возможно 2 варианта:

- Первичное расстройство – **метаболический ацидоз**
- pH и PaCO₂ изменены в одном направлении
- в данном случае снижение PaCO₂ носит компенсаторный характер

**pH = 7.18 (↓), PaCO₂ = 30.4 мм рт ст (↓),
BE = - 14.5 ммоль/л**

При повышенном уровне РаCO₂ также возможно два варианта

- Первичное нарушение носит *респираторный* характер (дыхательный ацидоз, гиповентиляция)
- pH и РаCO₂ изменены в противоположных направлениях

pH = 7.26 (↓), РаCO₂ = 48.2 мм рт ст (↑)

При повышенном уровне РаCO₂ также возможно два варианта

- Первичное нарушение - *метаболический алкалоз*
- pH и РаCO₂ изменены в одном направлении

pH = 7.48 (↑), РаCO₂ = 51 мм рт ст (↑)
HCO₃⁻ = 30 ммол/л (↑)

3. Определяем стадию компенсации

а) *острая* стадия, компенсация первичных изменений еще не произошла изменен pH и один из параметров (CO₂ или HCO₃⁻)

pH = 7.23, PaCO₂ = 60 мм рт ст, HCO₃⁻ = 24 ммол/л (острый респираторный ацидоз)

б) *подострая* стадия, стадия частичной компенсации

изменен рН, а параметры (CO₂ и HCO₃⁻) изменяются в одном направлении.

pH = 7.63, PaCO₂ = 14.6 мм рт ст, HCO₃⁻ = 15.3 ммол/л (частично компенсированный респираторный алкалоз)

в) **хроническая стадия, стадия полной компенсации**

pH становится близок к норме (или N) с измененными значениями СО₂ и НСО₃–

pH = 7.44, PaCO₂ = 21.2 мм рт ст, НСО₃– = 14.8 ммол/л (компенсированный респираторный алкалоз)

При метаболическом ацидозе концентрация НСО₃– всегда снижена, при метаболическом алкалозе – всегда повышена, независимо от того, есть компенсация или нет.

4. Простое или смешанное нарушение

Изолированные нарушения КОС в клинической практике практически не встречаются.

Ответ на метаболические нарушения развивается очень быстро, если не нарушены механизмы компенсации, например, при проведении ИВЛ. В острых случаях метаболический алкалоз компенсируется хуже, чем ацидоз.

**Для смешанных нарушений КОС
характерны следующие
соотношения значений:**

при смещении рН в сторону ацидоза и
повышенном уровне РаCO₂,
концентрация бикарбоната не
повышена (как следовало бы ожидать
при компенсации респираторного
ацидоза), а снижена – **смешанный
ацидоз**

рН - 7.11, РаCO₂ - 53 мм рт ст, НСО₃⁻ = 16
ммоль/л

**Для смешанных нарушений КОС
характерны следующие
соотношения значений:**

**при повышении рН и сниженном
уровне РаCO₂ концентрация
бикарбоната не снижена (как при
компенсации респираторного
алкалоза), а повышенна – смешанный
алкалоз**

**рН = 7.51, РаCO₂ = 33 мм рт ст, HCO₃⁻ = 29
ммоль/л**

Если рН и PaCO₂ изменены в
одном направлении и рН
отличается от нормы –
первичное расстройство
метаболическое

рН = 7.32 (↓), PaCO₂ = 34 мм рт (↓)

При изменении pH и pCO₂ в
противоположных
направлениях первичное
расстройство -
респираторное

pH = 7.23 (↓), PaCO₂ = 60 мм рт ст (↑)

**Для выявления характера
смешанного нарушения и
преобладающего процесса
следует использовать
вычисление «ожидаемых»
значений**

Преобладающее нарушение

Вторичная компенсация

↑ PaCO₂
(острый
респираторный
ацидоз)

HCO₃⁻ ↑ на 1 ммоль/л и pH ↓
на 0.08 при повышении
PaCO₂ на 10 мм рт ст

↑ PaCO₂
(хронический
респираторный
ацидоз)

↑ HCO₃⁻ на 3.5 - 4 ммоль/л и
↓ pH на 0.03 на каждые 10
мм рт ст повышения PaCO₂
(при значении более 40 мм рт
ст)

Преобладающее ее нарушение

Вторичная компенсация

↓ PaCO₂
(острый
респираторный
алкалоз)

↓ HCO₃⁻ на **2** ммоль/л на
каждые **10** мм рт ст снижения
PaCO₂

↓ PaCO₂
(хронический
респираторный
алкалоз)

↓ HCO₃⁻ на **5** ммоль/л на
каждые **10** мм рт ст снижения
PaCO₂

Преобладающее нарушение

Вторичная компенсация

↓ HCO_3^-
(хронический метаболический ацидоз)

↓ PaCO_2 1-1.5 мм рт ст на каждый ммол/л снижения HCO_3^-

↑ HCO_3^-
(хронический метаболический алкалоз)

↑ PaCO_2 0.5-1 мм рт ст на каждый ммол/л повышения HCO_3^-

Пример: у пациента ацидоз, повышенное PaCO_2 указывает на наличие респираторного компонента.

$\text{pH} = 7.23$, $\text{PaCO}_2 = 60$ мм рт ст

($\text{pH} \downarrow$ на **0.08 при повышении PaCO_2 на **10** мм рт ст)**

Однако, если pH ниже, чем можно было бы ожидать при остром респираторном ацидозе с данными значениями PaCO_2 (см. таблицу соответствия, «ожидаемые» значения), не исключен и нереспираторный компонент ацидоза.

$\text{pH} = 7.23$, $\text{PaCO}_2 = 60 \text{ мм рт ст}$
($\text{pH} \downarrow$ на **0.08** при повышении PaCO_2 на **10** мм рт ст)

- $\Delta \text{PaCO}_2 = 20 \text{ мм рт ст}$
- $0.08 \times 2 = 0.16 - \Delta \text{pH}$
- $7.23 + 0.16 = 7.39$

При данном повышении PaCO_2 мы можем ожидать изменения pH в пределах 7.19 – 7.29

Что бы определить, является ли респираторная компенсация адекватной при метаболическом ацидозе, можно так же применить формулу **Winter**:

**Измеренный бикарбонат $\times 1.5 + 8 \pm 2.5 =$
РаCO₂**

- Если РаCO₂ значительно выше значения, полученного по формуле Winter, это может говорить о том, что пациент неспособен компенсировать метаболический ацидоз увеличением выведения CO₂.

5. Поправка на лабораторную ошибку

Если полученные результаты не соответствуют клиническому состоянию ребенка, возможно следует:

- *исключить ошибки, связанные со взятием анализа;*
- *исключить возможные ошибки, связанные с хранением, транспортировкой или разведением пробы;*
- *провести калибровку аппарата;*
- *повторить анализ.*

В каких пределах могут изменяться

pH

PaCO₂

PaO₂

HCO₃-

pH

- традиционные значения 7.35 – 7.45

Допустимые значения:

- ПЛГ - ≥ 7.5
- «допустимая гиперкапния» - 7.2 и более
- первые часы жизни (доношенные дети) – 7.2 – 7.35
- Недоношенные новорожденные с гестационным сроком \leq 28 нед- ≥ 7.2

PaCO₂

- традиционные значения - 35 – 45 мм рт ст

Допустимые значения:

- «допустимая гиперкапния» - 50 – 60 мм рт ст и более при pH до 7.2
- ХЛЗ – до 60 мм рт ст и более

РаO₂

- **традиционные значения - 50 – 80** мм рт ст – норма в неонатальном периоде

Допустимые значения:

- **80 – 100** мм рт ст (и более) – доношенные новорожденные с ПЛГ, диафрагмальной грыжей
- «допустимая гипоксемия» - **50 – 59** мм рт ст (*при условии отсутствия нарастания метаболического ацидоза и стабильной гемодинамике*)
- недоношенные новорожденные в первые сутки жизни – **45 – 65** мм рт ст

НСОЗ-

- **22 – 24 ммоль/л – физиологическая норма**

Как трактовать следующие параметры

Все представленные анализы из артериальной крови

- pH – 7.36
- PaCO₂ – 41.9 мм рт ст
- HCO₃⁻ = 24 ммол/л
- BE = -1

- pH – 7.23 (↓)
- PaCO₂ – 60 мм рт ст (↑)
- HCO₃⁻ = 24 ммол/л (N)

- pH = 7.32 (↓)
- PaCO₂ – 32 мм рт ст (↓)
- HCO₃⁻ = 17 ммол/л (↓)
- BE = - 8

- pH – 7.35 (N)
- PaCO₂ – 48.7 мм рт ст (↑)
- HCO₃⁻ = 28 ммол/л (↑)
- BE = +0.5

- pH – 7.19 (↓)
- PaCO₂ – 54 мм рт ст (↑)
- HCO₃⁻ = 20 ммол/л (↓)
- BE = -9

- pH – 7.24 (↓)
- PaCO₂ – 34 мм рт ст (↓)
- HCO₃⁻ = 9 ммол/л (↓)

- pH – 7.448 (N)
- PaCO₂ – 22 мм рт ст (↓)
- HCO₃⁻ = 15 ммол/л (↓)
- BE = - 5.9 (↓)

- pH = 7.57 (↑)
- PaCO₂ = 40 мм рт ст (N)
- HCO₃⁻ = 36 ммол/л (↑)
- BE = +13 (↑)

Компенсация со стороны системы газообмена при метаболическом алкалозе может быть самой разнообразной или вообще отсутствовать

Классификация нарушений газового состава крови

[Boyda E, Kee J, Monaghan F. 1994]

Классификация	pH	$PaCO_2$	HCO_3^-
Респираторные нарушения			
<i>Некомпенсированный ацидоз</i>	↓	↑	N
<i>Частично компенсированный ацидоз</i>	↓	↑	↑
<i>Компенсированный ацидоз</i>	N	↑	↑
<i>Некомпенсированный алкалоз</i>	↑	↓	N
<i>Частично компенсированный алкалоз</i>	↑	↓	↓
<i>Компенсированный алкалоз</i>	N	↓	↓
Метаболические нарушения			
<i>Некомпенсированный ацидоз</i>	↓	N	↓
<i>Частично компенсированный ацидоз</i>	↓	↓	↓
<i>Компенсированный ацидоз</i>	N	↓	↓
<i>Некомпенсированный алкалоз</i>	↑	N	↑
<i>Частично компенсированный алкалоз</i>	↑	↑	↑
<i>Компенсированный алкалоз</i>	N	↑	↑
Смешанные нарушения			
<i>Смешанный ацидоз</i>	↓	↑	↓
<i>Смешанный алкалоз</i>	↑	↓	↑

Клинические ситуации

Условия для всех задач:

- нет препаратов сурфактанта
- нет ВЧ вентилятора
- нет возможности применять оксид азота
- анализ КОС – из артериальной крови
- Возможно, некоторые задачи имеют несколько решений

- 1400 гр, СДР, недоношенность 26 нед, Аргар 3-6
- Клинически – цианоз, тахипное, западение грудины
- Переведен на ИВЛ ИМВ +20/+3, FiO₂ – 60%, SpO₂ = 89-92%, ДО – 8 мл, ЧД – 30 в мин
- В динамике ухудшение состояния, снижение дыхательного объема, на обзорной рентгенограмме – нарастание ателектазов и снижение воздушности легочной ткани
- КОС
рН – 7.18, PaCO₂ – 58 мм рт ст, PaO₂ – 35 мм рт ст, BE = -8, HCO₃- = 21 ммол/л

- 3100 гр., 2-е сут жизни
- Асфиксия новорожденного
- Проводится ИВЛ As/C, +21/+3, ДО – 23 мл, ЧД – 65 в мин (спонт), FiO₂ – 21%, SpO₂ – 96%
- Гемодинамика стабильная, диурез 2.5 мл/кг/час

КОС

- pH – 7.63
- PaCO₂ – 15 мм рт ст
- BE = -0.2
- HCO₃⁻ = 15.3 ммоль/л

- 4200 гр, 3 сут жизни
- Асфиксия новорожденного, Синдром аспирации мекония, правосторонний пневмоторакс
- Проводится ИВЛ IMV +22/+3, ДО – 15 – 16 мл, ЧД – 85 в мин, FiO₂ = 100%, SpO₂ – 80 -82%, по плевральному дренажу периодический сброс воздуха
- АД в пределах возрастной нормы

КОС

- pH - 7.23
- PaCO₂ – 68 мм рт ст
- PaO₂ – 44 мм рт ст
- HCO₃⁻ = 26 ммоль/л

- 1950 гр, 1-е сутки жизни
- СДР I типа, недоношенность 32 нед
- ИВЛ ИМВ +26/+5, FiO₂ – 100%, ДО – 7 - 8 мл, ЧД – 60 в мин, SpO₂ - 85-90%
- Кожные покровы бледно – розовые, АД среднее 34 – 36 мм рт ст, ЧСС – 155 в мин, инфузия 80 мл/кг/сут

КОС

- pH – 7.22
- PaCO₂ – 48 мм рт ст
- PaO₂ – 30 мм рт ст
- HCO₃⁻ = 18 ммол/л
- BE = -8

- 1900 гр, 2-е сут жизни
- Менингоэнцефалит, недоношенность 32 нед
- Проводится ИВЛ ИМВ, PIP/РЕЕР +25/+4, ДО – 12 мл, ЧД – 50 в мин, FiO₂ – 35%
- АД средн. 29 мм рт ст, ЧСС – 168 в мин, SpO₂ – 90%, диурез – 0.7 мл/кг/час, натрий - 151

КОС

- pH = 7.106
- PaCO₂ = 58 мм рт ст
- PaO₂ = 106 мм рт ст
- HCO₃⁻ = 18
- BE = -8.5



СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ !

shvedov76@mail.ru