



**Интерпретация анализа
кислотно – щелочного
состояния и газов крови**

**Шведов К.С.
г.Нижевартовск**

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 рН 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 CO_2 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 < (рН = 7.35 – 7.44) > Алкалоз

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

- **P_{aO_2}** – парциальное напряжение кислорода в артериальной крови
- **P_{aCO_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 $P_aCO_2 = 40$ 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 **(АВС)**

содержание HCO_3^- в крови данного больного при данных конкретных условиях, расчетный показатель

BD/BE (Base deficit/base excess, дефицит/избыток буферных оснований) – показывают, сколько миллимолей кислоты или основания следует прибавить к 1 л крови для приведения pH к 7.4 при $P_aCO_2 = 40$ мм рт ст, температуре тела $38^\circ C$, содержании протеинов 70 г/л, гемоглобина 150 г/л и 100% насыщении крови кислородом.

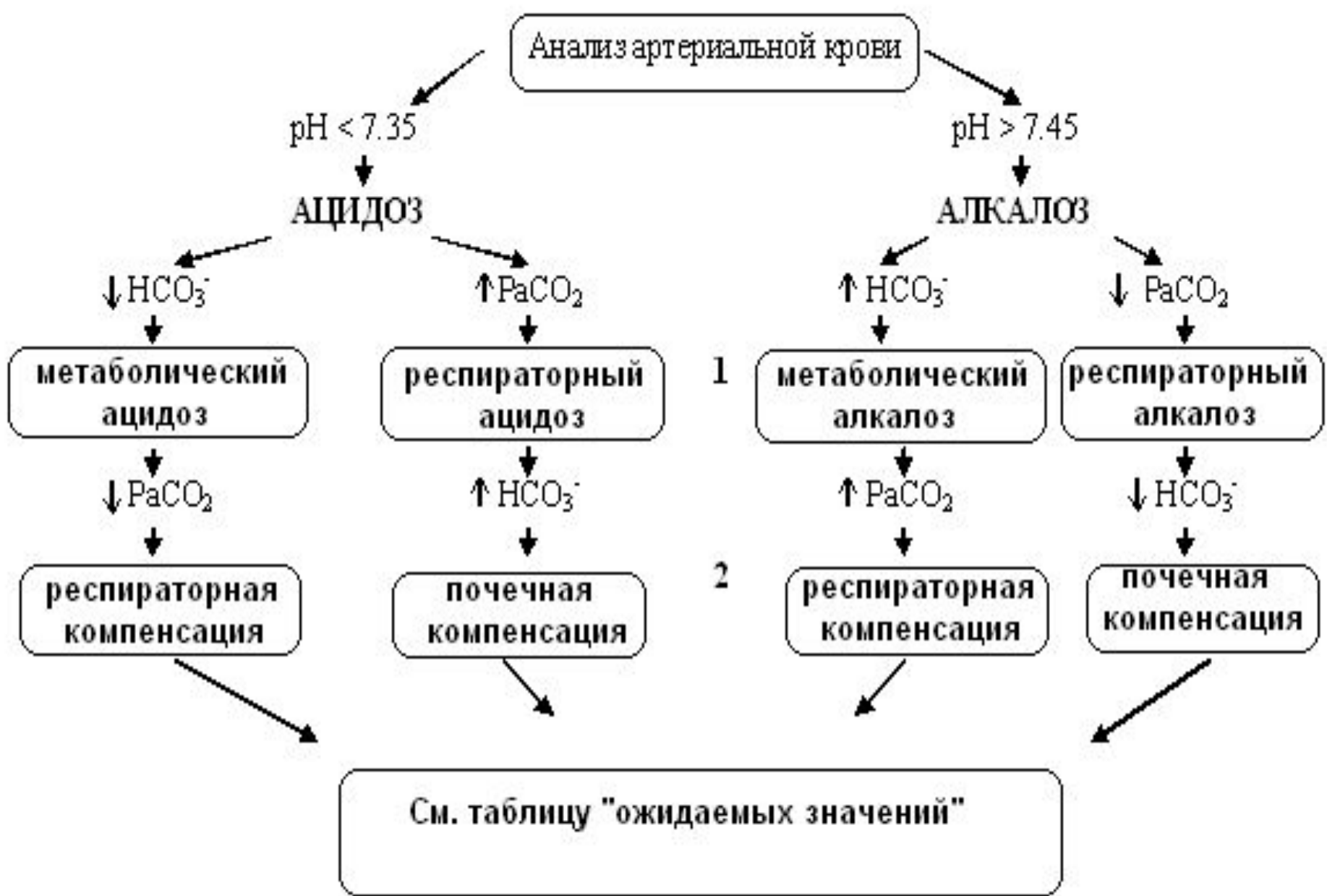
Параметр позволяет оценить степень метаболических нарушений КОС и метаболической компенсации дыхательных нарушений. Нормой считается отклонение параметра в пределах ± 2 .

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 pH

Ацидоз < (pH = 7.35 – 7.44) > Алкалоз

2. Определяем механизм нарушений (респираторные или метаболические)

Изменен ли P_aCO_2 при измененном pH?

Если P_aCO_2 снижено,
возможно 2 варианта:

- Первичное расстройство – *респираторного* характера (дыхательный алкалоз)
- pH и P_aCO_2 изменены в противоположных направлениях.

$pH = 7,55$ (\uparrow), $P_aCO_2 = 22$ мм рт ст (\downarrow)

Если P_aCO_2 снижено,
возможно 2 варианта:

- Первичное расстройство – **метаболический ацидоз**
- pH и P_aCO_2 изменены в одном направлении
- в данном случае снижение P_aCO_2 носит компенсаторный характер

**pH = 7.18 (↓), P_aCO_2 = 30.4 мм рт ст (↓),
BE = - 14.5 ммоль/л**

При повышенном уровне P_aCO_2 так же возможно два варианта

- Первичное нарушение носит **респираторный характер** (дыхательный ацидоз, гиповентиляция)
- pH и P_aCO_2 изменены в противоположных направлениях

$pH = 7.26$ (↓), $P_aCO_2 = 48.2$ мм рт ст (↑)

При повышенном уровне P_aCO_2 так же возможно два варианта

- Первичное нарушение - *метаболический алкалоз*
- pH и P_aCO_2 изменены в одном направлении

$pH = 7.48$ (↑), $P_aCO_2 = 51$ мм рт ст (↑)

$HCO_3^- = 30$ ммоль/л (↑)

3. Определяем стадию КОМПЕНСАЦИИ

а) *острая* стадия, компенсация
первичных изменений еще не произошла
изменен рН и один из параметров (CO_2
или HCO_3^-)

$\text{pH} = 7.23$, $\text{PaCO}_2 = 60$ мм рт ст, $\text{HCO}_3^- = 24$
ммоль/л (острый респираторный ацидоз)

б) *подострая* стадия, стадия частичной компенсации

изменен рН, а параметры (CO_2 и HCO_3^-) изменяются в одном направлении.

$\text{pH} = 7.63$, $\text{PaCO}_2 = 14.6$ мм рт ст, $\text{HCO}_3^- = 15.3$ ммоль/л (частично компенсированный респираторный алкалоз)

в) *хроническая* стадия, стадия полной компенсации

pH становится близок к норме (или N) с измененными значениями CO_2 и HCO_3^-

$\text{pH} = 7.44$, $\text{PaCO}_2 = 21.2$ мм рт ст, $\text{HCO}_3^- = 14.8$ ммоль/л (компенсированный респираторный алкалоз)

При метаболическом ацидозе концентрация HCO_3^- 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 P_aCO_2 ,
концентрация бикарбоната не
повышена (как следовало бы ожидать
при компенсации респираторного
ацидоза), а снижена – **смешанный
ацидоз**

рН - 7.11, P_aCO_2 - 53 мм рт ст, HCO_3^- = 16
ммоль/л

Для смешанных нарушений КОС
характерны следующие
соотношения значений:

при повышении рН и сниженном
уровне P_aCO_2 концентрация
бикарбоната не снижена (как при
компенсации респираторного
алкалоза), а повышена – **смешанный
алкалоз**

$pH = 7.51$, $P_aCO_2 = 33$ мм рт ст, $HCO_3^- = 29$
ммоль/л

Если pH и P_aCO_2 изменены в
одном направлении и pH
отличается от нормы -
первичное расстройство
метаболическое

$pH = 7.32$ (↓), $P_aCO_2 = 34$ мм рт (↓)

При изменении рН и рСО₂ в
противоположных
направлениях первичное
расстройство -
респираторное

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

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

Преобладающ
ее нарушение

Вторичная компенсация

↑ PaCO_2
(острый
респираторный
ацидоз)

HCO_3^- ↑ на **1** ммоль/л и pH ↓
на **0.08** при повышении
 PaCO_2 на **10** мм рт ст

↑ PaCO_2
(хронический
респираторный
ацидоз)

↑ HCO_3^- на **3.5 - 4** ммоль/л и
↓ pH на **0.03** на каждые **10**
мм рт ст повышения PaCO_2
(при значении более **40** мм рт
ст)

Преобладающ
ее нарушение

Вторичная компенсация

↓ PaCO_2
(острый
респираторный
алкалоз)

↓ HCO_3^- на **2** ммоль/л на
каждые **10** мм рт ст снижения
 PaCO_2

↓ PaCO_2
(хронический
респираторный
алкалоз)

↓ HCO_3^- на **5** ммоль/л на
каждые **10** мм рт ст снижения
 PaCO_2

Преобладающе
е нарушение

Вторичная компенсация

↓ HCO_3^-
(хронический
метаболический
ацидоз)

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

↑ HCO_3^-
(хронический
метаболический
алкалоз)

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

Пример: у пациента ацидоз, повышенное P_aCO_2 указывает на наличие респираторного компонента.

$pH = 7.23$, $P_aCO_2 = 60$ мм рт ст

($pH \downarrow$ на **0.08 при повышении P_aCO_2 на **10** мм рт ст)**

Однако, если pH ниже, чем можно было бы ожидать при остром респираторном ацидозе с данными значениями P_aCO_2 (см. таблицу соответствия, «ожидаемые» значения), не исключен и нереспираторный компонент ацидоза.

pH = 7.23, PaCO₂ = 60 мм рт ст

(pH ↓ на 0.08 при повышении PaCO₂ 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 PaCO₂ 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**:

$$\text{Измеренный бикарбонат} \times 1.5 + 8 \pm 2.5 = \text{PaCO}_2$$

- Если PaCO_2 значительно выше значения, полученного по формуле **Winter**, это может говорить о том, что пациент неспособен компенсировать метаболический ацидоз увеличением выведения CO_2 .

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

P_{aCO_2}

P_{aO_2}

HCO_3^-

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 ≤ 28 нед- **≥ 7.2**

P_{aCO_2}

традиционные значения - 35 – 45 мм рт ст

Допустимые значения:

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

ХЛЗ – до 60 мм рт ст и более

PaO₂

- **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

HCO_3^-

- **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 ммоль/л
- BE = -1

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

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

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

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

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

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

- pH = 7.57 (↑)
- PaCO₂ = 40 мм рт ст (N)
- HCO₃⁻ = 36 ммоль/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	P_aCO_2	HCO_3^-
Респираторные нарушения <i>Некомпенсированный ацидоз</i> <i>Частично компенсированный ацидоз</i> <i>Компенсированный ацидоз</i> <i>Некомпенсированный алкалоз</i> <i>Частично компенсированный алкалоз</i> <i>Компенсированный алкалоз</i>	 ↓ ↓ N ↑ ↑ N	 ↑ ↑ ↑ ↓ ↓ ↓	 N ↑ ↑ N ↓ ↓
Метаболические нарушения <i>Некомпенсированный ацидоз</i> <i>Частично компенсированный ацидоз</i> <i>Компенсированный ацидоз</i> <i>Некомпенсированный алкалоз</i> <i>Частично компенсированный алкалоз</i> <i>Компенсированный алкалоз</i>	 ↓ ↓ N ↑ ↑ N	 N ↓ ↓ 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 IMV +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
pH – 7.18, PaCO2 – 58 мм рт ст, PaO2 – 35 мм рт ст, BE = -8, HCO3- = 21 ммоль/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 IMV +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 ммоль/л
- BE = -8

- 1900 гр, 2-е сут жизни
- Менингоэнцефалит, недоношенность 32 нед
- Проводится ИВЛ IMV, PIP/PEEP +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

A stethoscope is positioned diagonally across the frame, with its chest piece in the lower-left foreground and its earpieces extending towards the upper-right. Several pills of different colors (yellow, white, red) are scattered on the blue surface to the right of the stethoscope. The background is a solid, light blue color.

**СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ !**

shvedov76@mail.ru