ABG的判讀

何時要測ABG

- 評估肺部氧氣交換的功能作為診斷依據
- 評估氧氣治療的效果
- 評估病患的呼吸機制是否正常
- 評估血中的酸鹼平衡

ABG的組成

- pH
- PaCO2
- PaO2
- **HCO_3^-**
- O2sat
- BEefc

酸鹼平衡之維持

- 緩衝劑(Buffers) — 立即
  - 立即調節體液酸鹼度，但最終仍須依賴肺臟與腎臟
  - 全身緩衝能力(buffer capacity)為15 mmol/kg BW
- 肺部 — 短期
  - 排除 volatile acid (CO_2) -- 20,000 mmol/day
- 腎臟 — 長期
  - 排除 nonvolatile acids -- 70-100 mmol/day
  - 氫離子是食物與組織分解的副產物
  - 如果不依靠腎臟產生新的HCO_3^-，全身的緩衝劑為了中和非揮發性酸，將在10~20天內用完

Henderson-Hasselbach equation

- $H^+ + HCO3- \rightarrow H2O + CO2$

- pH = 6.1 + log ([HCO3-] / PCO2 x 0.03)

BEefc

- 代表血中鹼離子缺乏的程度
- 假如BEefc= -8mmol/L 代表每公升的血液缺乏8 mmol 的HCO_3^-

鹼基評估 (Base Excess / Deficit)

- 定義—
  偏離正常緩衝能力(buffering availability)的程度
  $BE = \{pH - [7.40 - (PCO_2 - 40) \div 200]\} \times 100$
  - $PaCO_2$ variance = ($PaCO_2$ – 40)
  - Predicted pH = [7.40 -($PaCO_2$ – 40)/200]
  - 從measured pH與$PaCO_2$計算BE
- 評估「非呼吸性酸鹼失衡」之程度
- 正常狀況下BE < ±3 mmol/L
- 若是BE > ±10 mmol/L則是明顯不正常

如何評估O2的狀況

- Hypoxemia (動脈氧氣濃度低)
- Hypoxia (肺泡氧氣濃度低)
- A-a gradient=P(A-a)O2用以評估氧氣交換狀況，數值越大，氧氣交換越差
  - P(A-a)O2 大約為8-10mmHg.
  - PaO2: 104.2 - (0.27 x age)
  - PAO2: (大氣壓-水蒸氣壓) x FiO2 – (PaCO2 x 1.25)

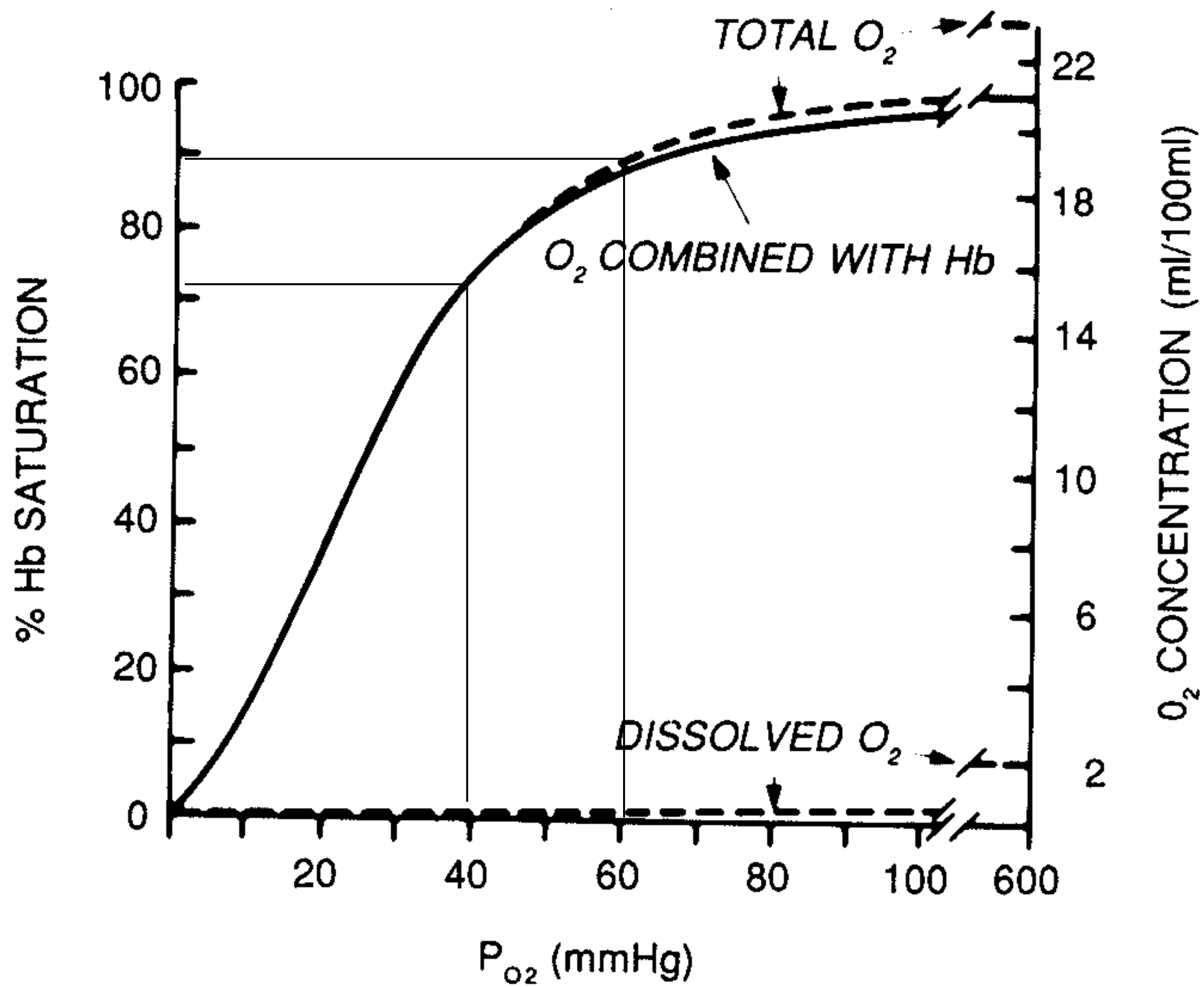
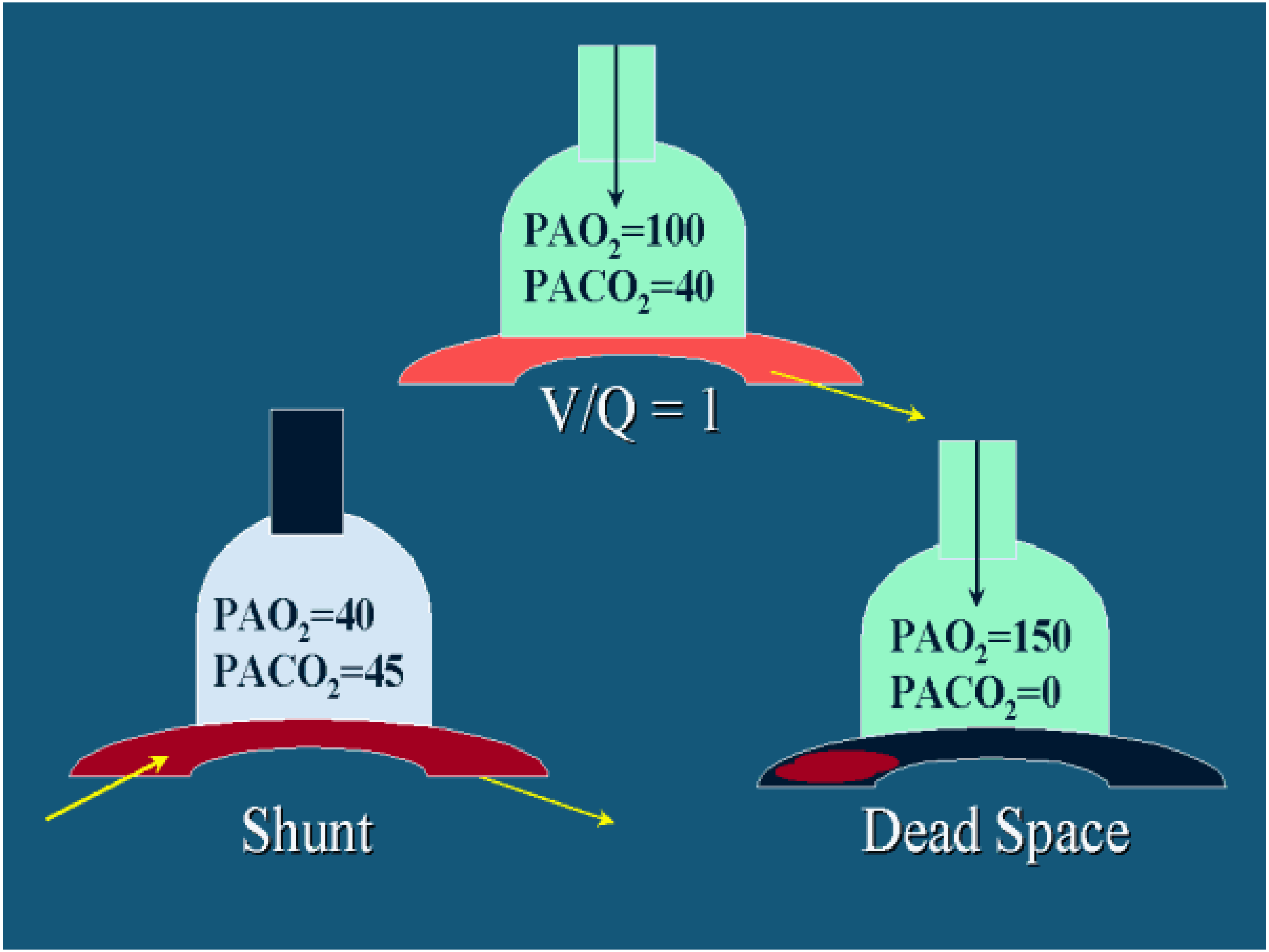


Figure 6.1. O_2 dissociation curve *(solid line)* for pH 7.4, P_{CO_2} 40 mm Hg, and 37°C. The total blood O_2 concentration is also shown for a hemoglobin concentration of 15 gm/100 ml of blood.

1 g of Hgb can combine with 1.39 ml of O2

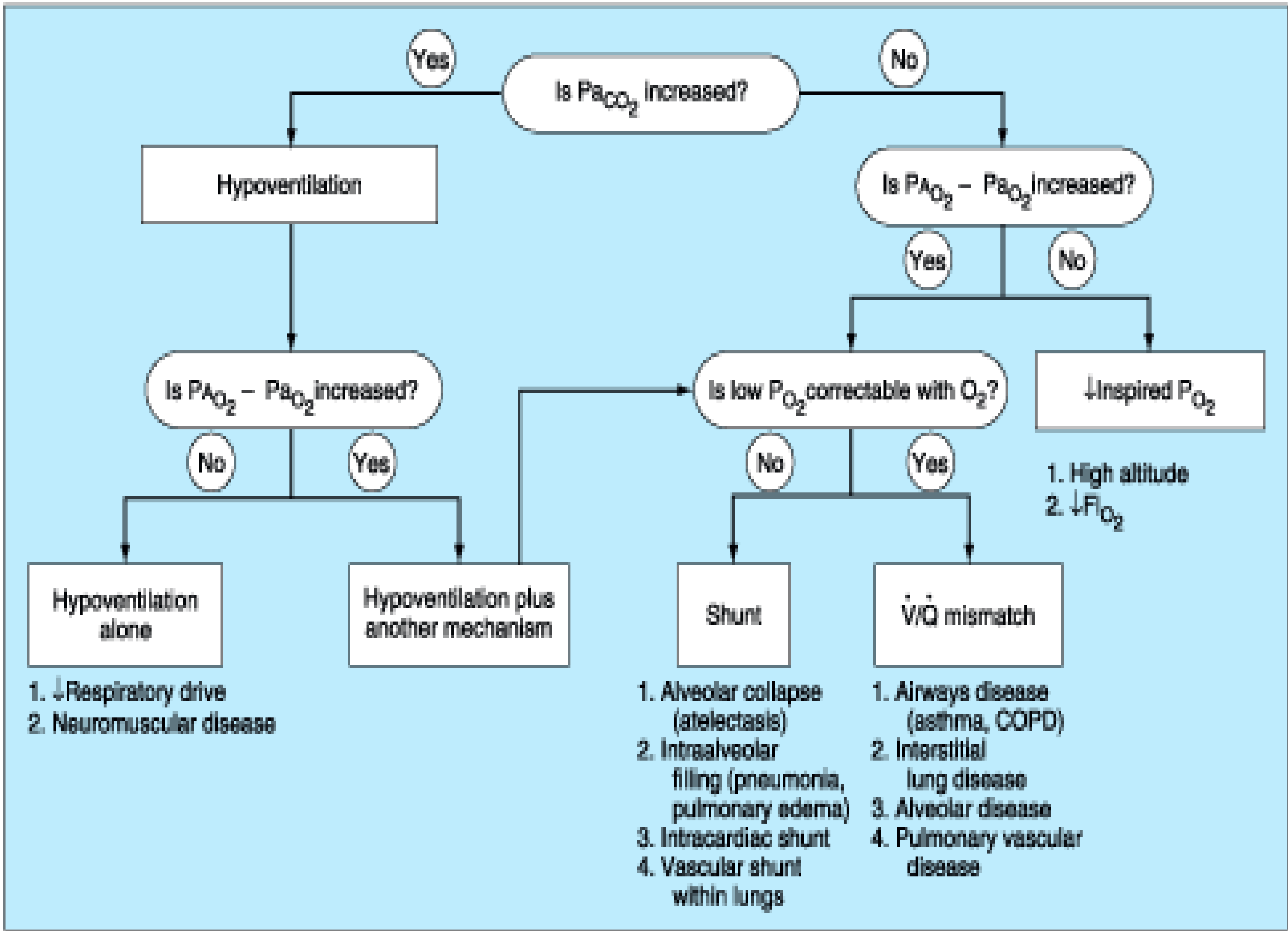
Calculate A-a Gradient

- pH = 7.225
- paO2 = 67
- PaCO2 = 51
- 大氣壓: 760 mmHg
- PAO2= (760-**47**) x 0.21- (51x1.25)= 76.3
- P(A-a)O2=76.3-67=9.7



PAO2=100
PACO2=40
V/Q = 1
PAO2=40
PACO2=45
Shunt
PAO2=150
PACO2=0
Dead Space

If hypoxemia PaO2<80mmHg



如何判讀ABG

- 哪裡有問題?

  @ PaO2 and O2 sat?
  - PaO2 (80-100 mmHg)
    →年齡以及大氣壓力
  - O2sat (95-98%)
  - A-a gradient

  @ pH, acidosis or alkalosis?

  @ Respiratory or metabolic?

  @ 是否有代償? 代償是否完全?
- 是什麼原因造成的?
- 要做哪些處置?

第一步

- 是否有酸血症或鹼血症
- pH: 7.35-7.45
  - <7.35→酸血症
  - >7.45→鹼血症

第二步

- 呼吸性或代謝性
  - PH 及 CO2 改變方向相同→代謝性
    - 同升同降
  - PH 及 CO2 改變方向相反→呼吸性
- PaCO2 (**40** mmHg)
- **HCO_3^-** (**24** mmol/L)

第三步

- 若是呼吸性→acute or chronic
  - 病史
  - 代償狀況
    - Acute respiratory acidosis: pH decrease = 0.008 x (P_aCO_2 - 40)
    - Chronic respiratory acidosis: pH decrease = 0.003 x (P_aCO_2 - 40)
    - Acute respiratory alkalosis: pH increase = 0.008 x (40 - P_aCO_2)
    - Chronic respiratory alkalosis pH increase = 0.002 x (40 - P_aCO_2)

呼吸性酸中毒 PaCO2↑

急性	PaCO2 每上升 10→ $[HCO_3^-]$↑1	5-10 分鐘
慢性	PaCO2 每上升 10→ $[HCO_3^-]$↑3.5	72-96 小時

呼吸性鹼中毒 PaCO2↓

急性	PaCO2 每下降 10→ $[HCO_3^-]$↓2	5-10 分鐘
慢性	PaCO2 每下降 10→ $[HCO_3^-]$↓5	72-96 小時

- Respiratory acidosis
  - 中樞受抑制
    - Trauma
    - CVA
    - Brain tumor
    - Drug overdose
  - 神經肌肉疾病
    - Muscle fatique
    - Myopathy
    - Guillain-Barre syndrome
  - 胸腔疾病
    - Restrictive lung dx
    - Obstructive lung dx
- Respiratory alkalosis
  - 中樞性
    - Anxiety
    - pregnancy
    - Drug
    - Liver
    - Sepsis
    - CNS infection,trauma
  - 缺氧
    - 心肺
  - 使用呼吸器
    - Setting 不當

第四步

- 若是代謝性酸中毒
  - 預測 $P_aCO_2 = (1.5 \times HCO_3^-) + (8 \pm 2)$
  - check blood anion gap
    - Blood AG=Na-(Cl+HCO3) 正常值=12$\pm$2
  - 若是blood AG 正常→**check urine AG**
    - urine AG=Na+K-Cl
      - 正值:腎性 HCO3 loss or impairment of NH_4^+→ RTA
      - 負值:胃腸道 HCO3 loss→ diarrhea, fistula
  - 若是high blood AG→**MUDPLIERS**

- M: methanol
- U: uremia
- D: DKA (ketoacidosis)
- P: paraldehyde
- L: lactic acidosis
- I: INH
- E: ethylene glycol
- R: rhabdomyolysis
- S: salicylate intoxication

- Anion gap
  - 未測知陰離子+已測知陰離子=未測知陽離子+已測知陽離子
  - **AG=未測知陰離子-未測知陽離子**

    =已測知陽離子-已測知陰離子

    =Na-(Cl+HCO3)
    - 已測知陽離子:Na,K
    - 已測知陰離子:Cl,HCO3
    - 未測知陽離子:Mg,Al,Ca,Cu
    - 未測知陰離子:protein,phosphate

陰離子差距 (Anion Gap Concept)

- 定義：
  - Major plasma cation (Na^+) 與major plasma anions (Cl^-, HCO_3^-) 的差距

    $AG = [Na^+] - [Cl^-] - [HCO_3^-]$

  - 正常12±2 mEq/L ，代表anionic plasma proteins (e.g., albumin), phosphate, sulfate, 及其他有機酸根
  - AG ↑表示「酸累積」—
    - 有機酸生產過剩
    - 腎功能衰竭
  - 若是單純HCO_3^- loss，腎臟會保留Cl^-，維持正常 AG

Anion Gap Acidosis (AG↑)

「非揮發性有機酸」的累積—

- 高乳酸症 Hyperlactatemia (lactate↑)
- 高酮酸症 Hyperketonemia –
  - Ketone↑, DM, alcoholic, starvation
- 腎功能衰竭 Renal failure –
  - GFR <20~30 ml/min, 造成 retained sulfate SO_4↑, phosphate PO_4↑,與 organic anions
- 過量有機酸治療 Excessive organic salt therapy –
  - 如：Ringer's lactate, high dose penicillin
- 中毒 Toxins –
  - Salicylates, methanol, ethylene glycol, paraldehyde

Urinary Anion Gap

$UAG = [Na^+]_u + [K^+]_u - [Cl^-]_u$

- NH_4^+ 是尿液中最主要的「未測定陽離子」(unmeasured urinary cation)
- Negative UAG表示high NH_4^+ excretion

UAG	Urine pH	Diagnosis
Negative	<5.5	Normal
Positive	>5.5	RTA
Negative	>5.5	Diarrhea

第五步

- 若是代謝性鹼中毒
  - 預測 $P_aCO_2 = (0.7 \times HCO_3^-) + (21 \pm 2)$
  - check urine Cl
    - Urine Cl<20meq/L→saline response type
      - 脫水
        - NG free drainage
        - Vomitting
        - Diuretics
    - Urine Cl>20meq/L→saline resistant type
      - Hyperaldosteronism, Batter syndrome, Cushing syndrome, defiency of K, mg

Metabolic Alkalosis 簡介

- 其預後可能比 metabolic acidosis 更差—
  - 病人可能在pH =7.0-7.2時沒有後遺症；但是當pH >7.55時，死亡率高達40%
- ICU常見之metabolic alkalosis的原因—
  - 胃液流失 -- NG drainage or vomiting
  - 腎臟保留 HCO_3^- -- hypovolemia, Cl^- depletion
    - Cl^- 是 ECF 中主要的「非碳酸根陰離子」
    - 當氯缺乏時，腎臟會設法留住HCO_3^-，以保持 total anion equivalency
- 外加 HCO_3^- 很少造成metabolic alkalosis—
  - 因為腎臟排泄 excess HCO_3^- 的能力很強

第六步

- 代償是否完整有無混合型
  - PCO_2,HCO_3改變方向相同→單純型或混合型
  - PCO_2,HCO_3改變方向相反→混合型
- Check blood AG→high AG
  - $\Delta AG / \Delta HCO_3 = 1\text{-}2$ pure metabolic acidosis
  - $\Delta AG / \Delta HCO_3 < 1$ high AG metabolic acidosis+normal AG metabolic acidosis
  - $\Delta AG / \Delta HCO_3 > 2$ high AG metabolic acidosis+metabolic alkalosis

Gap-Gap Ratio

AG excess / HCO_3^- deficit = (AG-12) / (24-HCO_3^-)

- Lactic acidosis ⇒ gap-gap ratio =1
  - Lactate增加幅度等於HCO_3^-下降幅度
- HCO_3^- loss ⇒ gap-gap ratio ≈0
- Lactic acidosis + HCO_3^- loss ⇒ gap-gap ratio 0~1
- Mixed metabolic acidosis & alkalosis ⇒ >1
  - High AG acidosis注射 Na_2CO_3 治療時

	High AG acidosis	High Cl acidosis
$\Delta AG/\Delta HCO_3^-$	**≅1**	**≅0**
	Mixed acidosis	**Acidosis-Alkalosis**
$\Delta AG/\Delta HCO_3^-$	**0~1**	**>1**