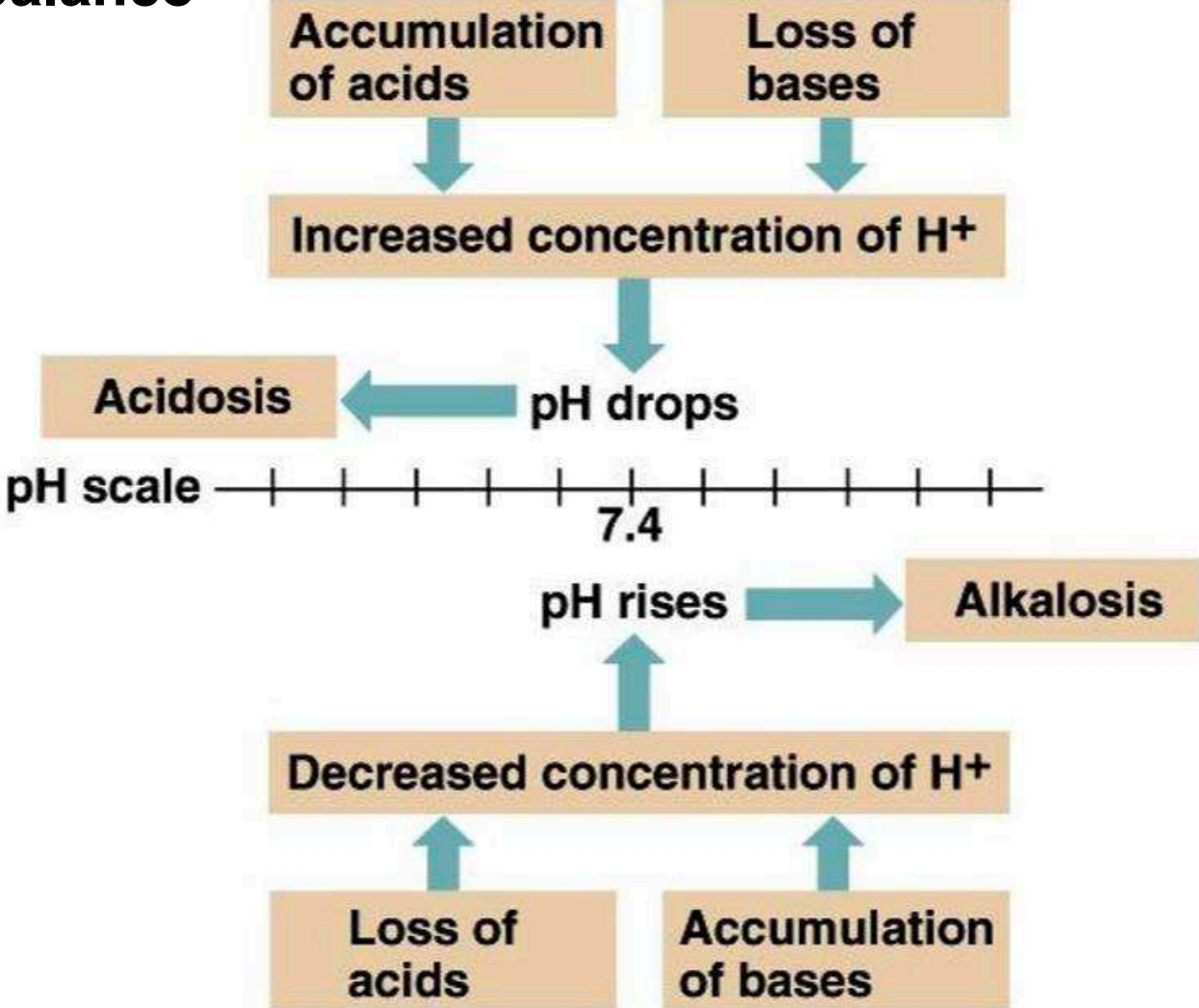


Lecture 7- Renal physiology

Acid and base imbalance

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



ال neutral pH بجسمنا هي 7.4
و في عنا range بين (7.45-7.35)
إذا قل عن ال 7.35 — Acidosis
و لا ننسى تعريف ال acidosis

- increased H ion concentration in the ECF
و بتصير تركيز القواعد بالدم نسبياً قليلة (مقارنةً بالهيدروجين)

غير ال metabolism احنا برضو بندخل
ال acids عن طريق الأكل ، اللي برضو جسمنا
رح يتعامل معه و يعمل buffering

و بتعرفوا عملية ال metabolism بجسمنا بتنتج مواد بتخلي الدم
عرضة لل acidosis مثل (CO2 , lactic acid) و غيرهم
عشان هيك سبحانه الله في عنا مخزون من ال HCO3 و حتى لو
احتجنا خلايا الكلية بتقدر تصنع HCO3 جديدة

• قبل ما نبدأ بشرح المحاضرة في أضمن معلومة مهم نكون عارفينها •

المعادلة هاي مهمة جداً و مهم نتذكر منها إنه ال HCO3 مسؤولية ال
Renal system
أما ال CO2 فهو مسؤولية ال Respiratory system

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

ف إذا كان عندي مشكلة بال HCO3 رح تكون المشكلة metabolic

و إذا كانت المشكلة بال CO2 رح تكون المشكلة Respiratory

ثبات أحد الأطراف مش هي الحالة المثالية اللي
رح نواجهها ، لأنه ممكن يكون عندي
compensation أو mixed disorder و
هاد الحكي رح نفهمه مع الأمثلة بعد شوي

بالتالي إذا ارتفع ال HCO3 مع ثبات ال CO2 يكون عندي metabolic alkalosis
و إذا نزل ال HCO3 بدون تغيير بال CO2 يكون وقتها metabolic acidosis

و نفس الاشي بالنسبة لل CO2 , إذا زاد مع ثبات ال HCO3 تكون Respiratory acidosis
و إذا قل مع ثبات ال HCO3 يكون respiratory alkalosis

Acidosis

Acidosis → ↓pH

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

	Acidosis pH < 7.35/Acidosis pH < 7.35/Acidosis pH < 7.35/Acidosis pH < 7.35	
Type	Metabolic	Respiratory
Change	↓ HCO ₃	↑ PCO ₂
Causes	<u>Excessive H⁺ →</u> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolic dis (e.g DM, shock) • Ingestion of Acids → aspirin • Impaired acid secretion • <u>HCO₃⁻ loss → diarrhea & RF</u> 	Any condition causes HYPO ventilation- <ul style="list-style-type: none"> • Respiratory centers damage • Airways obstruction • Impaired exchange of gases • Neuromuscular dis
Compensation ↑ pH	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Respiratory → ↓ PCO₂ = hyperventilation ✓ Renal → ↑ HCO₃ reabsorption ✓ K⁺ exchanges with excess H⁺ in ECF (H⁺ into cells, K⁺ out of cells) 	Renal → ↑ HCO ₃ reabsorption
Diagnosis (compensated)	pH ↓ ↓ HCO ₃ ↓ PCO ₂	pH ↓ ↑ PCO ₂ ↑ HCO ₃

لما يقل الـ HCO_3 رح يقل الـ pH
طيب شو الشغلات اللي رح تقلل الـ HCO_3 ؟

إما زادت عندي الـ acids يعني زاد الـ H اللي عشان أخلص منه
رح استهلك الـ HCO_3 عشان أعمل buffering
و هاد الاشئ بصير بأي عملية بتأدي لزيادة الأحماض بالجسم
زي مثلاً الـ diabetic Ketoacidosis
أو في حالة الـ shock لأنها بتعرض الخلايا لـ hypoperfusion
بتصير الخلايا تنتج الـ lactic acid لأنها رح تعتمد على الـ
anaerobic glycolysis

طبعًا مش ضروري الخلل يكون من جوا الجسم ممكن واحد مثلاً بلع
أسبرين بكمية كبيرة و هو يعتبر حمض
أو فرضًا عندي مشكلة بالكلية بطلت قدرة تطرد الهيدروجين فتراكم
بالدم

و ممكن يكون سبب نقصان الـ HCO_3 مش استهلاكه لطرد
الهيدروجين ، لا ، ممكن يكون ببساطة عندي خسارة اله
diarrhea or renal failure

و هون لما يقل الـ HCO_3 رح يتراكم الهيدروجين بالدم و يقل
الـ pH

الجسم بده يحل الموضوع ، ف ببلش شغل الـ Respiratory
system

و بما انه أنا عندي البسط اللي هو الـ HCO_3 قليل ، الحل عشان
أرجع الـ pH للوضع الطبيعي هو إني كمان أقلل الـ CO_2
ف بصير عندي hyperventilation و هون بصير عندي

Compensation

الرئنة لحالها ما رح تحل الموضوع ، الكلية مسؤولة عن الـ HCO_3
reabsorption of HCO_3 ف رح تحاول تعمل
+ secretion of hydrogen ions

و في طريقة ثالثة بتعملها خلايا الجسم عشان يقل الهيدروجين بالدم
عن طريق إنها بتدخل هيدروجين للخلية مقابل خروج بوتاسيوم لل
ECF و هاد اللي بفسر ليش بصير عندي hyperkalemia مع
حالات الـ Acidosis

أي رقم تحت الـ 7.35 يعتبر
acidosis

Metabolic acidosis

Respiratory Acidosis

في حال احتباس الـ CO_2 و ارتفاعه رح ينزل الـ pH
طيب شو الحالات اللي بزيد فيها الـ CO_2 ؟

الـ CO_2 يعتبر volatile acid يعني احتباسه بكون نتيجة
depressions in respiration بشكل عام.
ف مثلاً واحد تعرض لـ trauma و تأدى عنده الـ
respiratory center
أو ممكن أدوية زي الـ opioids
ممكن يكون عندي airway obstructing زي حالات الـ
COPD and Emphysema
أو ممكن يكون عندي مشكلة بعضلات التنفس زي مرضى الـ
myasthenia gravis

طيب ايش الحل عشان أرجع الـ pH للوضع الطبيعي ؟
الحل بما إنه الـ CO_2 عالي (المقام)
إني كمان أرفع البسط (HCO_3)
و هاد الاشئ رح تعمله الكلية
 HCO_3 reabsorption <—
و هيك بتكون عملت compensation

$$pH \propto \frac{\text{HCO}_3}{\text{PCO}_2}$$

دائمًا يعتمد على هاي المعادلة و أنا بحلل الـ case

Alkalosis

Alkalosis → ↑pH

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

	Alkalosis pH> 7.45/Alkalosis pH> 7.45/Alkalosis pH> 7.45/Alkalosis pH> 7.45	
Type	Metabolic	Respiratory
Change	↑HCO ₃	↓PCO ₂
Causes	<ul style="list-style-type: none"> -Acid loss → persistent vomiting -↑HCO₃⁻ → ✓ Thiazides/loop diuretics ✓ Hypovolemia ✓ Ingestion of alkaline drugs (NaHCO₃) ✓ ↑aldosterone & cortisol 	<p>Hyperventilation- fever, psychoneurosis, meningitis, early exercise, ascending to high altitude</p>
Compensation ↓ pH	<p>Respiratory → hypoventilation (limited) → ↑ PCO₂</p> <p>Renal → ↓HCO₃ reabsorption</p>	<p>Renal → ↓HCO₃ reabsorption</p>
Diagnosis (compensated)	<p>pH ↑</p> <p>↑HCO₃</p> <p>↑PCO₂</p>	<p>pH ↑</p> <p>↓PCO₂</p> <p>↓ HCO₃</p>

بملاحظة هون كيف الـ HCO₃ و الـ PCO₂ ما نشيين مع بعض
(واحد منهم المشكلة فيصير الثاني)
(compensatory)

Metabolic Alkalosis

زيادة الـ HCO_3 رح تزيد الـ pH
طيب ليش ممكن يزيد عندي الـ HCO_3 ؟

١- إما عندي acid loss و أشهر مثال هو الـ vomiting ،
لما أخسر acids رح تزيد نسبة الـ HCO_3 نسبيًا لأنه قلت
acids اللي المفروض يعملها buffering
٢- أو عندي زيادة بتركيز الـ HCO_3 نتيجة أدوية معينة زي
الـ NaHCO_3 و هو دوا لحموضة المعدة antacid

برضو الـ thiazides , loop diuretics
وال hypovolemia و زيادة الـ Aldosterone
كل هاي المجموعة رح تعمل عندي H^+ loss و زيادة بالـ
 HCO_3
كيف ؟

شرح الموضوع بالاسلايدات القادمة

طبعًا بما إنه البسط هون هو اللي ارتفع (HCO_3)
الحل عشان أرجع الـ pH هو إني أرفع المقام كمان
(CO_2) و الموضوع بصير عن طريق الـ
ventilation

هون يكون عملت compensation بس الموضوع
limited ، لأنه مش منطوق إني أحبس CO_2 لفترة
طويلة

ف برضو الكلية بما إنها المسؤولة عن الـ HCO_3 رح
تقلل الـ reabsorption

أي رقم فوق الـ 7.45 يعتبر Alkalosis

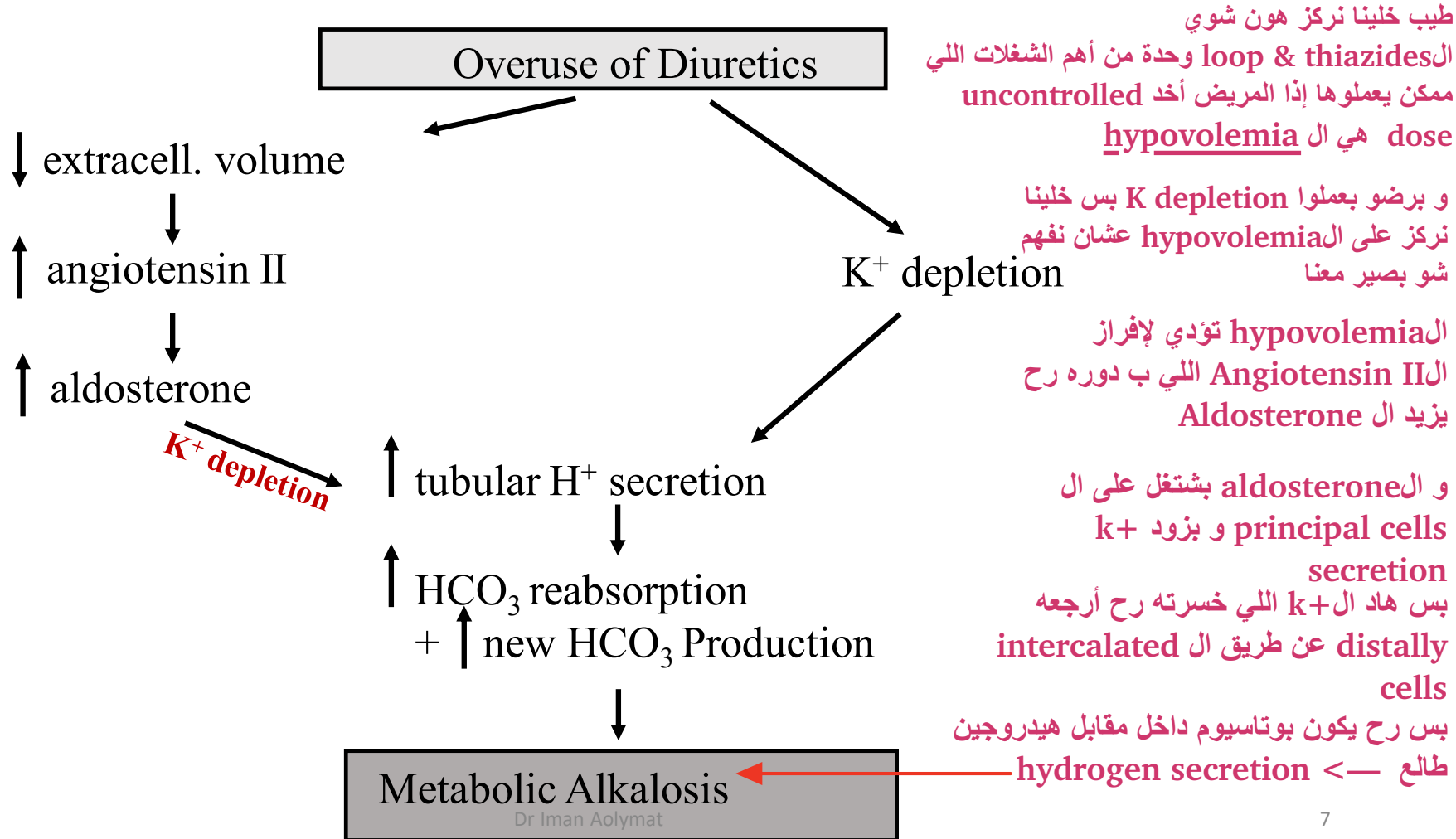
Respiratory Alkalosis

هون المشكلة respiratory يعني التغيير بالمقام CO_2 و
بما إنه Alkalosis يعني الـ pH ارتفع
زيادة الـ pH — < نقصان الـ CO_2
طيب ليش ممكن الـ CO_2 يقل عندي ؟

أي حالة يصاحبها excessive ventilation
سواء الـ fever , high altitude, meningitis etc

طيب المشكلة عندي respiratory
الـ pH عندي عالي
و الـ PCO_2 عندي قليل ، شو الحل ؟
الحل إنه الكلية تقلل الـ HCO_3 reabsorption
بالتالي لما يقل الـ CO_2 & HCO_3 يكون بوضع
الـ compensation

Acid base disturbances caused by overuse diuretics



طيب خلية نركز هون شوي
 loop & thiazides وحدة من أهم الشغل التي
 ممكن يعملوها إذا المريض أخذ
 uncontrolled dose هي ال **hypovolemia**

و برضو بعملوا K depletion بس خلية
 نركز على ال hypovolemia عشان نفهم
 شو بصير معنا

ال hypovolemia تؤدي لإفراز
 ال Angiotensin II التي ب دوره رح
 يزيد ال Aldosterone

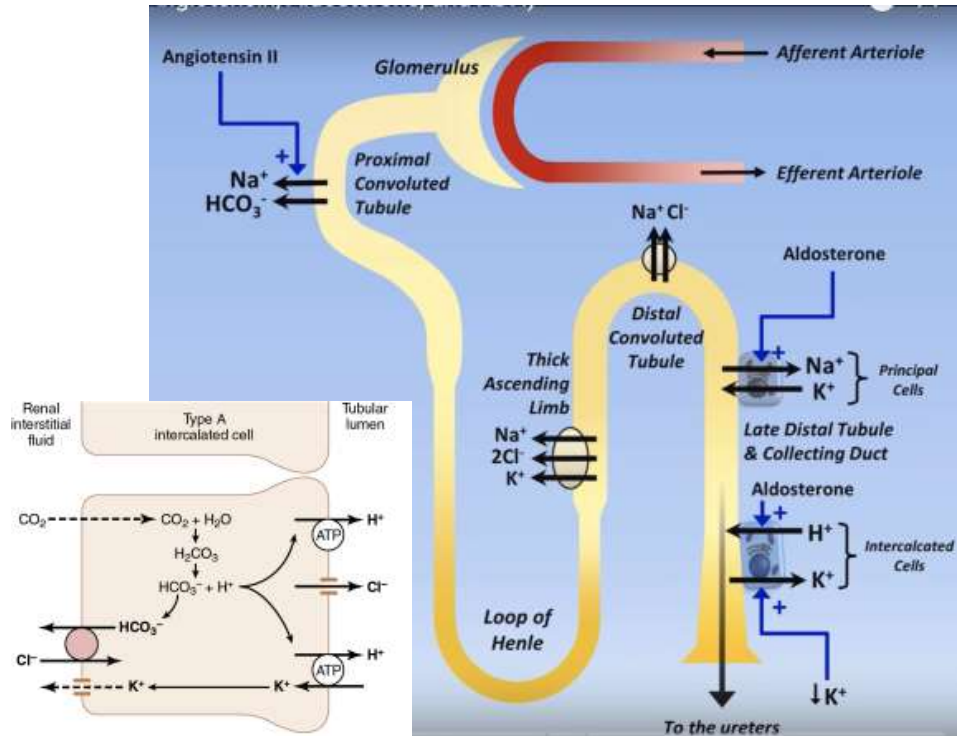
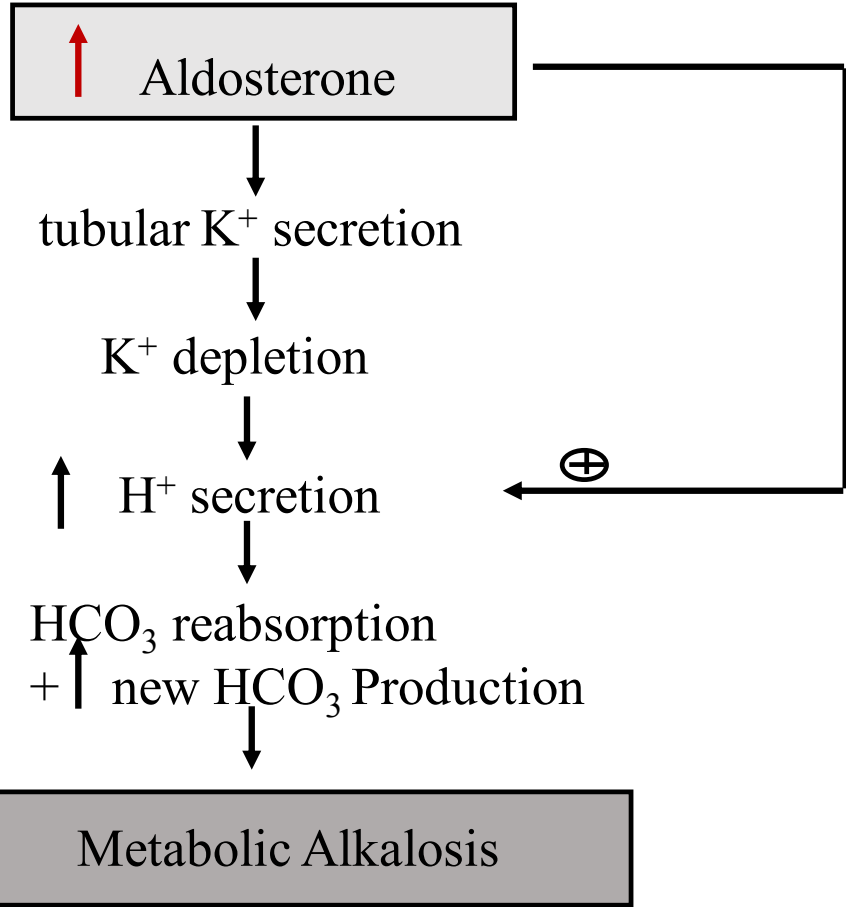
و ال aldosterone يشتغل على ال
 principal cells و بزود k+

بس هاد ال k+ التي خسرتة رح أرجعه
 distally عن طريق ال intercalated
 cells

بس رح يكون بوتاسيوم داخل مقابل هيدروجين
 طالع ← hydrogen secretion

Hyperaldosteronism (aldosteronism) and acid base disturbances

Hormone	Effects
Aldosterone	\uparrow NaCl, H ₂ O reabsorption, \uparrow K ⁺ secretion, \uparrow H ⁺ secretion



Alkalosis and acidosis -Symptoms

Acidosis

Principal effect of acidosis is **depression of the CNS** through ↓ in synaptic transmission

Symptoms

• **Generalized weakness** • Disorientation, coma, & death

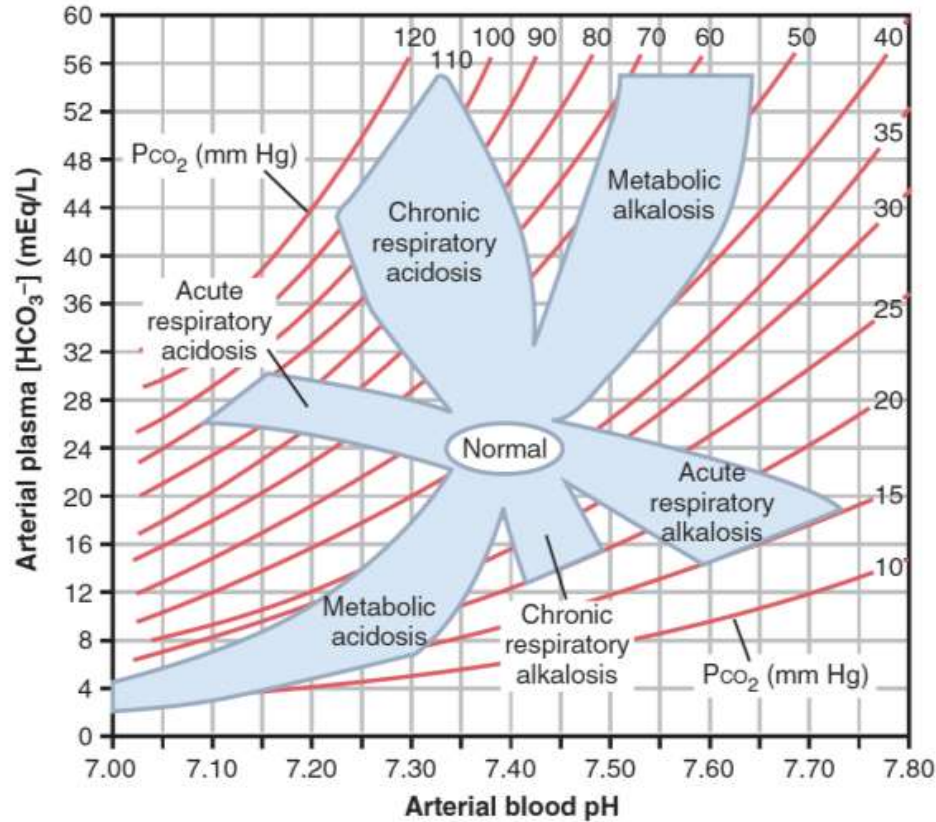
In Acidosis ⇒ Body tend to ↓metabolism to prevent more acid Production → generalized weakness

Alkalosis

Alkalosis causes **over excitability of the central and peripheral nervous systems**. *aiming to ↑metabolism.*

Symptoms

• Numbness
• Lightheadedness
• **Nervousness** – muscle spasms or tetany
– **Convulsions** – Loss of consciousness – Death



Mixed disorders

طبعًا لحد الآن صرنا حاكبين عن ٤ حالات مع ال compensation تبعها . بس زي ما حكناكم مش هاد هو الوضع بكل الحالات في حالات رح يكون فيها ال

Metabolic & Respiratory

الجهتين فيهم مشاكل و هاي الحالات بنحكي عنها mixed disorder

A patient is seen in the emergency department with following blood value

PH=7.8

HCO₃⁻ =29

PCO₂ =38

what is the acid-base disorder?

- A) Respiratory Acidosis
- B) Respiratory Alkalosis
- C) Metabolic Acidosis
- D) Metabolic Alkalosis

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

pH → increased → Alkalosis
HCO₃ → increased (metabolic ?)
PCO₂ → normal

$$\uparrow pH \propto \frac{\uparrow HCO_3}{PCO_2}$$

normal
PCO₂ ←

(uncompensated) metabolic Alkalosis → D)

A patient is seen in the emergency department with following blood value

PH=7.25

HCO₃⁻ =24

PCO₂ =50

what is the acid-base disorder?

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

- A) Respiratory Acidosis
- B) Respiratory Alkalosis
- C) Metabolic Acidosis
- D) Metabolic Alkalosis

pH → Low → Acidosis
HCO₃ → normal
PCO₂ → High

normal HCO₃ ←
↓ pH ∝ $\frac{HCO_3}{PCO_2}$ ↑
uncompensated Respiratory acidosis → (A)

A patient is seen in the emergency department with following blood value

PH=7.56

HCO₃⁻ =22

PCO₂ =28

what is the acid-base disorder?

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

- A) Respiratory Acidosis
- B) Respiratory Alkalosis
- C) Metabolic Acidosis
- D) Metabolic Alkalosis

PH → High → Alkalosis

HCO₃ → normal

PCO₂ → low

$$\uparrow pH \propto \frac{HCO_3}{\downarrow PCO_2}$$

normal
HCO₃ ←

uncompensated

Respiratory Alkalosis → B

Question

$$pH \propto \frac{HCO_3^-}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

A patient presents in the emergency room and the following data are obtained from the clinical labs:

plasma pH= 7.15, HCO₃⁻ = 8 mmol/L, pCO₂= 24 mmHg

This patient is in a state of:

1. metabolic alkalosis with partial respiratory compensation
2. respiratory alkalosis with partial renal compensation
- ③ metabolic acidosis with partial respiratory compensation
4. respiratory acidosis with partial renal compensation

↓pH → Acidosis

↓HCO₃

↓PCO₂

↓pH ↓HCO₃
 ↓PCO₂

↳ pH not corrected

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

Laboratory values for an uncontrolled diabetic patient include the following:

arterial pH = 7.25 ↓

Plasma HCO₃⁻ = 12 ↓

Plasma P_{CO₂} = 28 ↓

What type of acid-base disorder does this patient have?

metabolic acidosis with partial respiratory compensation.

$$pH \propto \frac{HCO_3^-}{PCO_2}$$

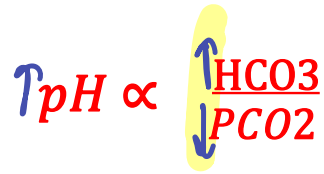
pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

Laboratory values for a patient include the following:

arterial pH = 7.34 → not normal → Low ⇒ Acidosis. ↓
Plasma HCO₃⁻ = 15 ↓
Plasma P_{CO2} = 29 ↓

What type of acid-base disorder does this patient have?

metabolic acidosis with partial respiratory compensation.



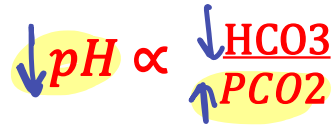
pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

Laboratory values for a patient include the following:

pH = 7.60 ↑
 pCO₂ = 30 mmHg ↓
 plasma HCO₃⁻ = 29 mmol/L ↑

What is the diagnosis? *mixed disorder (alkalosis)*

Question



pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

A plasma sample revealed the following values in a patient:

$$pH = 7.12 \downarrow$$

$$PCO_2 = 50 \uparrow$$

$$HCO_3^- = 18 \downarrow$$

diagnose this patient's acid-base status:

acidotic or alkalotic? *acidotic*

respiratory, metabolic, or both? *Both (mixed acidosis)*

Question

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

A plasma sample revealed the following values in a patient:

$$pH = 7.35 \rightarrow \text{normal}$$
$$PCO_2 = 49 \rightarrow \text{High}$$
$$HCO_3^- = 30 \rightarrow \text{High}$$

$\frac{pH \uparrow}{PCO_2 \uparrow} \frac{HCO_3^-}{PCO_2}$ → Respiratory acidosis with Renal compensation
or
metabolic Alkalosis with Respiratory Compensation

Alkalotic (7.41-7.45) / Acidic side (7.35-7.39) كيف اختار بينهم؟ عن طريق ال case

↓ Respiratory acidosis with complete Renal compensation

Question

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

pH	HCO ₃ ⁻	PCO ₂
7.35-7.45	22-26	35-45

A plasma sample revealed the following values in a patient:

$$\begin{aligned} pH &= 7.44 \quad \text{normal} \\ PCO_2 &= 48 \quad \uparrow \\ HCO_3^- &= 35 \quad \uparrow \end{aligned}$$

$pH \uparrow$ $\frac{HCO_3 \uparrow}{PCO_2 \uparrow}$ → Respiratory acidosis with Renal compensation
or
→ metabolic Alkalosis with Respiratory compensation

metabolic Alkalosis
with complete Respiratory
compensation

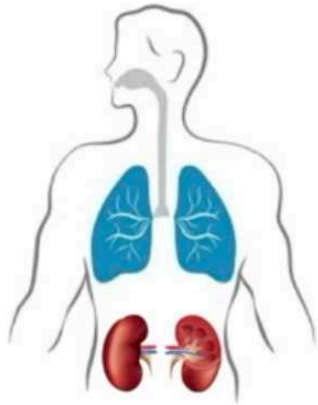
⊗ Alkalotic ⊗ 7.44 = pH ←

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$

Diagnosis of Acid-base disorders:

- If PCO_2 , is abnormal the problem is respiratory.
- If HCO_3^- is abnormal the problem is metabolic.
- If pH is within the **normal** range, there is **full compensation**.
- If it is **outside the normal range**, the body is **partially compensating** for the problem.

$$pH \propto \frac{HCO_3}{PCO_2}$$



Compensation

Respiratory

Acidosis

Alkalosis

HCO₃
(Metabolic)



> 26



< 22

Metabolic

Acidosis

Alkalosis

CO₂
(Respiratory)



< 35



> 45

The End



Thank You