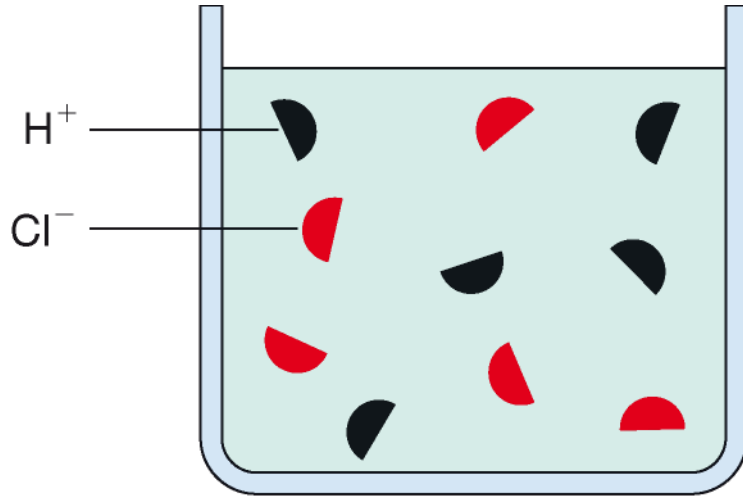


# **EQUILIBRI ACIDO-BASE**

**Prof. Flavia Trettel  
Farmacia Fisiologia canale A-L**

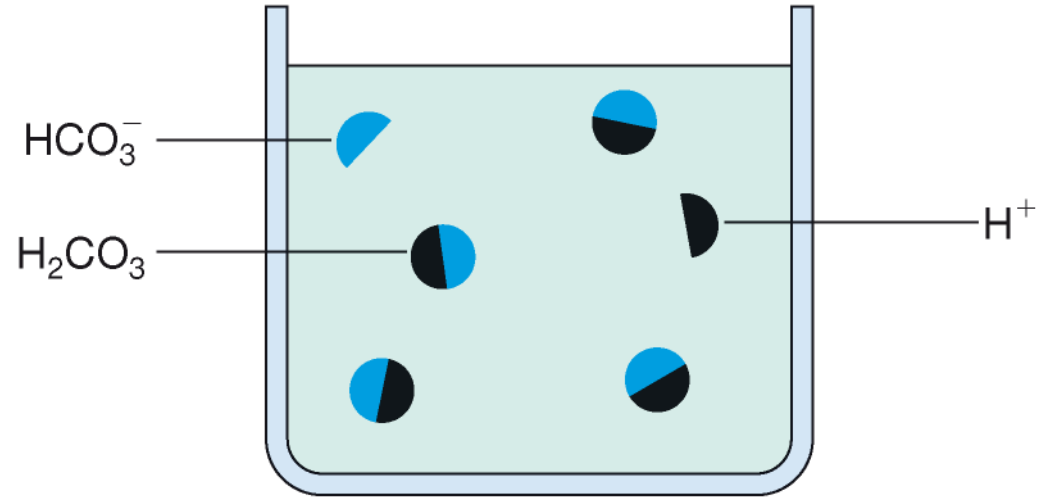
# EQUILIBRIO ACIDO-BASE=

## REGOLAZIONE PRECISA DEGLI IONI IDROGENO LIBERI NEI LIQUIDI CORPOREI



Acido forte (HCl)


(a)



Acido debole ( $H_2CO_3$ )

(b)

 Acido indissociato       Anione libero

  $H^+$  libero

$$[H^+][HCO_3^-] / [H_2CO_3] = K \text{ (costante dissociazione)}$$

**EQUILIBRIO ACIDO-BASE=**  
REGOLAZIONE PRECISA DEGLI IONI IDROGENO LIBERI  
NEI LIQUIDI CORPOREI



$$\text{LEC } [\text{H}^+] = 4 \times 10^{-8} = 0,000\ 000\ 04 \text{ Eq/L} = 40 \text{ nEq/L}$$

$$\text{pH} = \log_{10} 1/[\text{H}^+]$$

$$\log_{10} n \longrightarrow 10^x = n$$

$$\log_{10} 10 = 1$$

$$\log_{10} 100 = 2$$

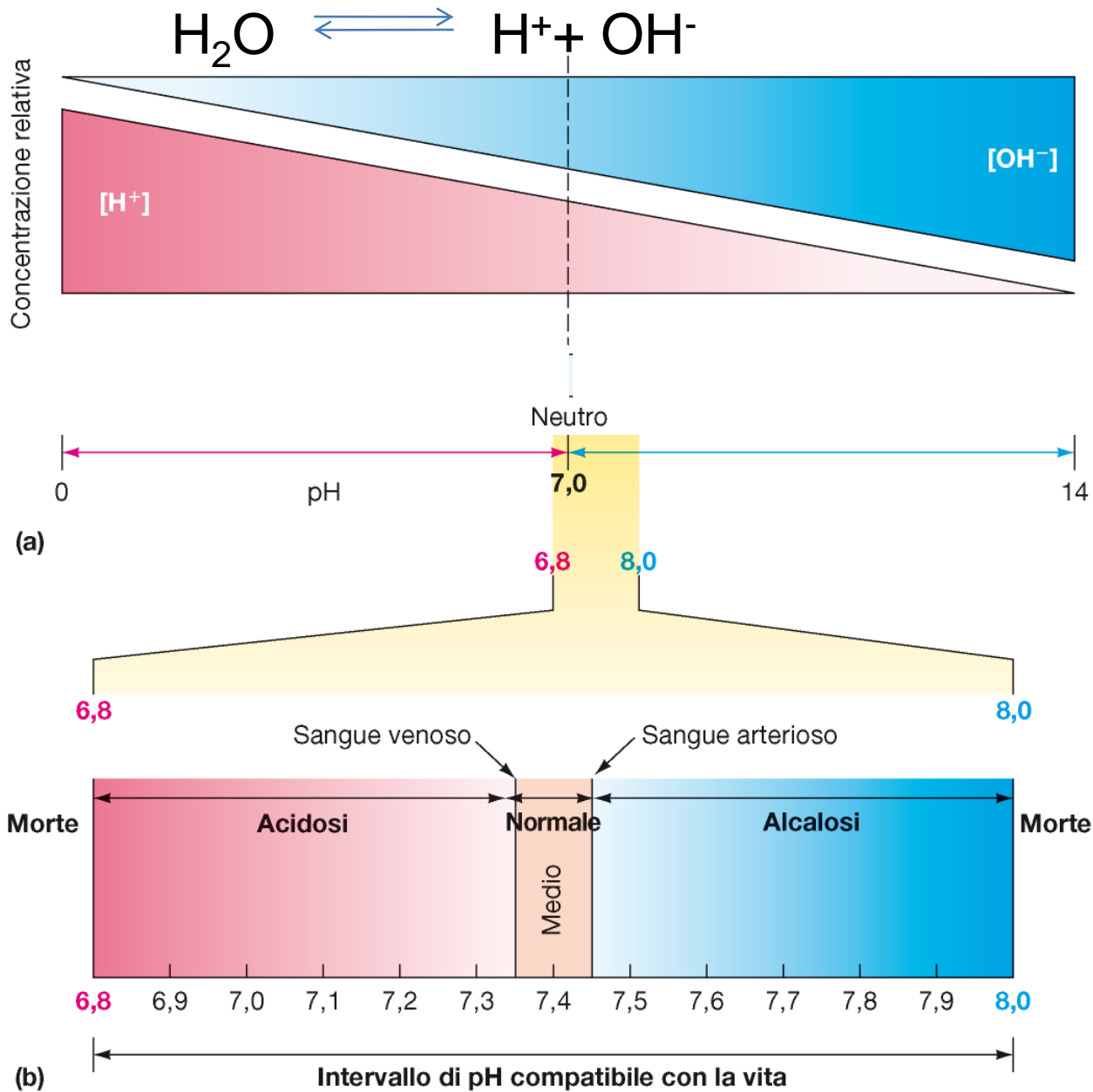
$$\log_{10} 1000 = 3$$

$$\log_{10} n \ (n < 10) = x < 1$$

$$\log_{10} n \ (10 < n < 100) = 1 < x < 2$$

1 unità pH = [H<sup>+</sup>] 10 volte diversa

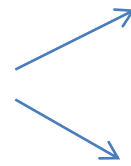
pH7 = [H<sup>+</sup>] 10 volte minore di pH6  
100 volte minore di pH5



# EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL pH OLTRE LIMITI FISIOLGICI

$$7,35 < \text{pH} < 7,45$$

**Alterazioni  
dell'eccitabilità delle  
cellule nervose e  
muscolari**



**ACIDOSI:** depressione del SNC  
Disorientamento, coma, morte

**ALCALOSI:** ipereccitabilità del SN

Formicolio, Scosse muscolari, spasmi  
nervosismo, convulsioni

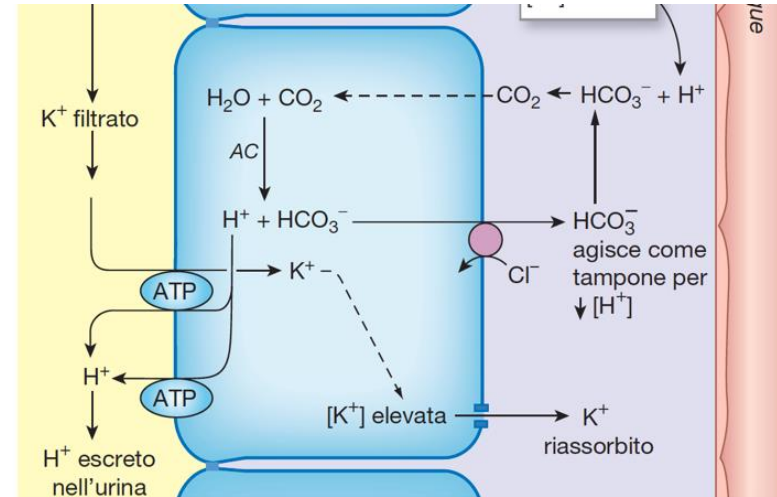
# EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL pH OLTRE LIMITI FISIOLÓGICI $7,35 < \text{pH} < 7,45$

Alterazioni dell'eccitabilità delle cellule nervose e muscolari

**ACIDOSI:** depressione del SNC

**ALCALOSI:** ipereccitabilità del SN

Modificazioni dell'attività enzimatica



Influenzano le concentrazioni di  $\text{K}^+$  dell'organismo

**ACIDOSI:** diminuita escrezione K  
Ipereccitabilità cardiaca

**ALCALOSI:** aumentata escrezione K  
Depressione eccitabilità nervosa e muscolare

# Sorgenti di ioni H<sup>+</sup>

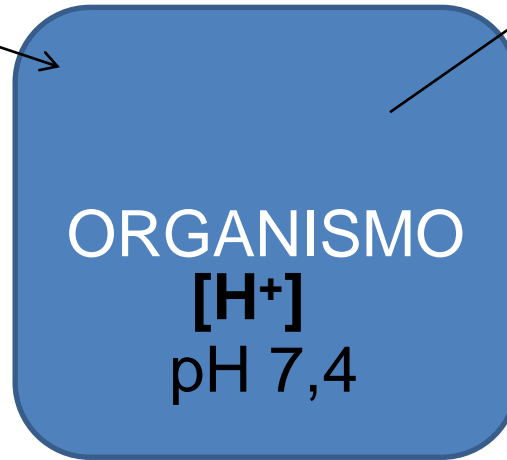
INGRESSO

H<sup>+</sup>

ELIMINAZIONE

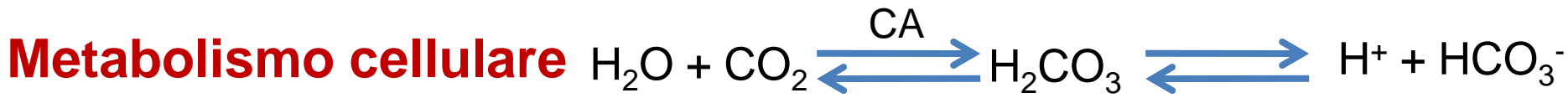
H<sup>+</sup>

-Cibo  
-Attività  
metaboliche



80 mEq /die

**Metabolismo cellulare**



**Dieta**

**Acidi inorganici prodotti  
durante la degradazione  
dei nutrienti**

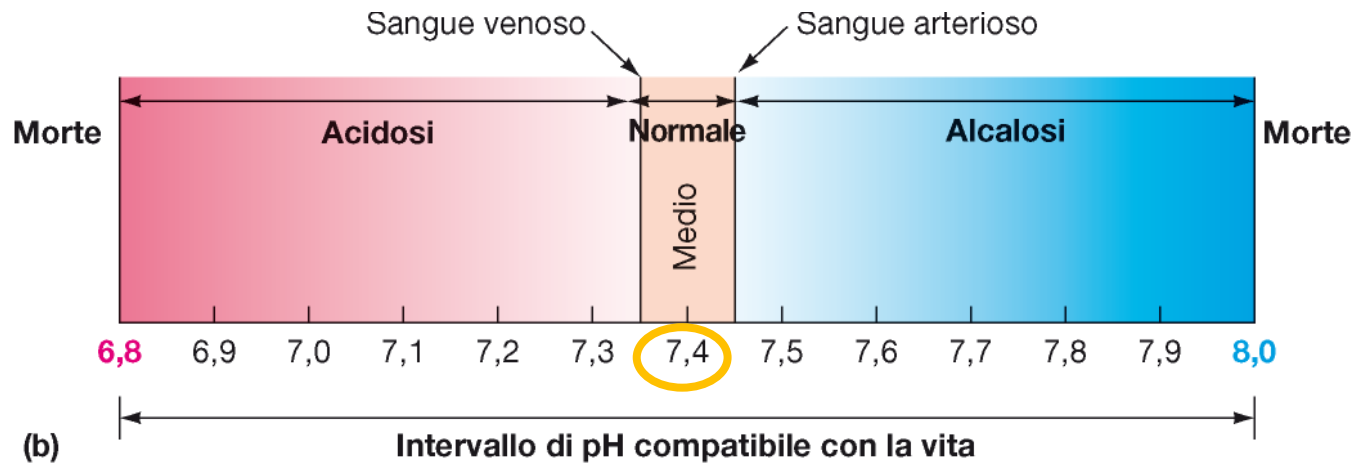
proteine → Acido fosforico  
Acido solforico

Frutta →  
verdura → basi

**Acidi organici derivati  
dal metabolismo  
intermedio**

Acidi grassi dai lipidi  
Acido lattico dai muscoli in intensa attività

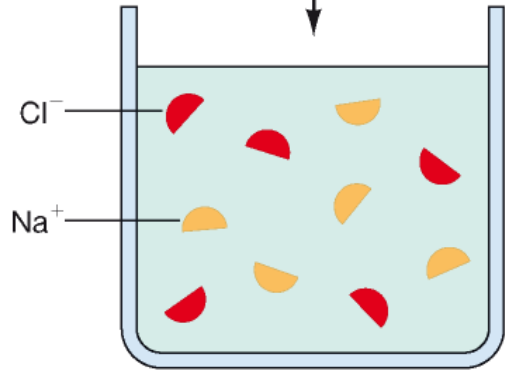




**IN ECCESSO DEVONO ESSERE PRIMA RIMOSSI ..... POI ELIMINATI PER GARANTIRE IL MANTENIMENTO DEL pH in intervalli compatibili con la vita**

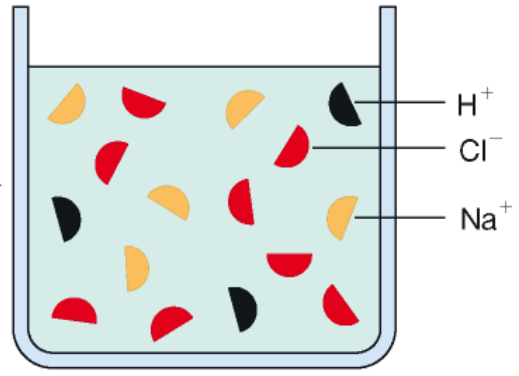
- |                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| Sistemi tampone liquidi corporei | → | Rapidi (secondi)<br>Tengono l' H <sup>+</sup> in forma legata<br>Fino al ristabilirsi dell'equilibrio          |
| Sistema respiratorio             | → | Minuti<br>Elimina CO <sub>2</sub> e quindi H <sup>+</sup> dall'organismo                                       |
| Sistema renale                   | → | Lento (ore, giorni)<br>Regola l'escrezione di H <sup>+</sup> e riassorbimento di HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> |

# Acido forte



Soluzione acquosa di NaCl non tamponata

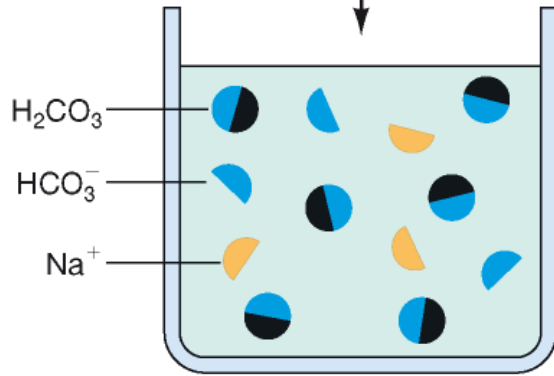
Aggiunta di 3 HCl a una soluzione non tamponata



Presenti 3 H<sup>+</sup> liberi

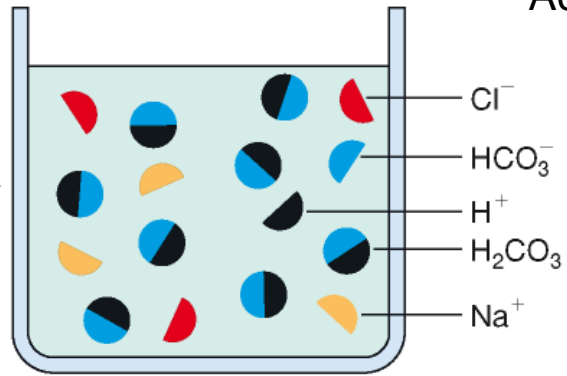
(a)

**SISTEMA TAMPONE**  
Ridurre al minimo  
le variazioni di pH



Soluzione acquosa contenente il tampone H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> / HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

Aggiunta di 3 HCl



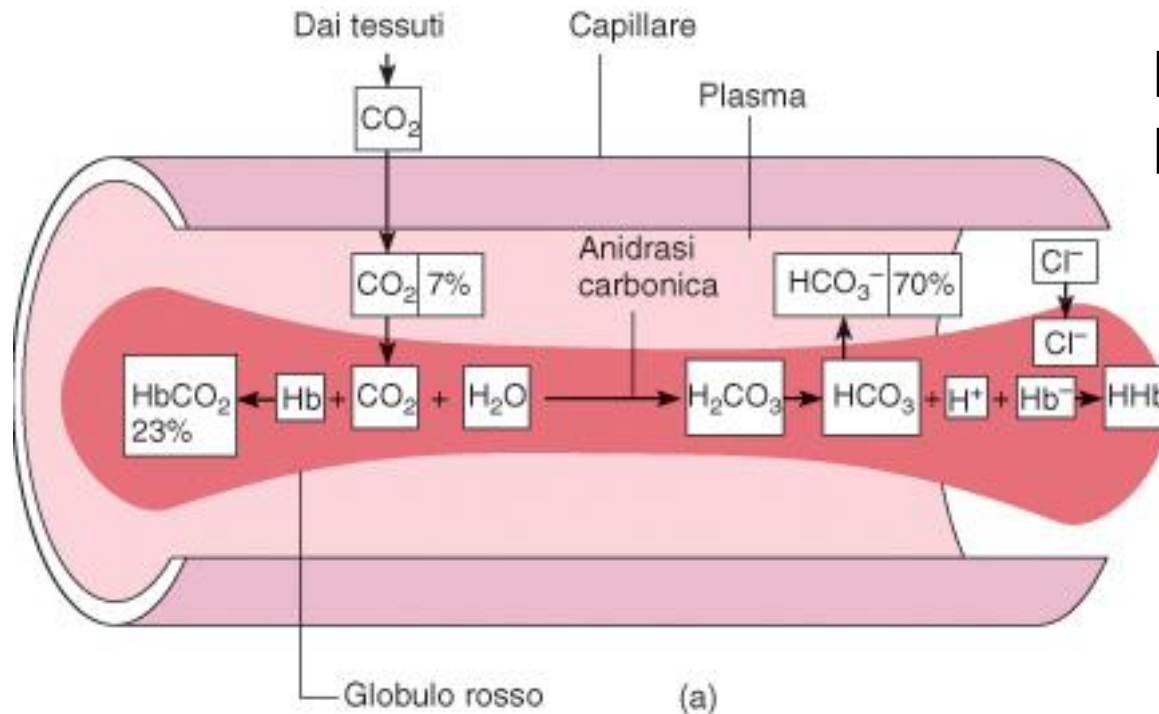
Presente 1 H<sup>+</sup> libero



Acido debole

# SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

Sistema Tampone	Funzioni principali
Proteine	Tampone primario del LIC; tampona anche il LEC
Emoglobina	Tampone primario contro le variazioni dell'acido carbonico



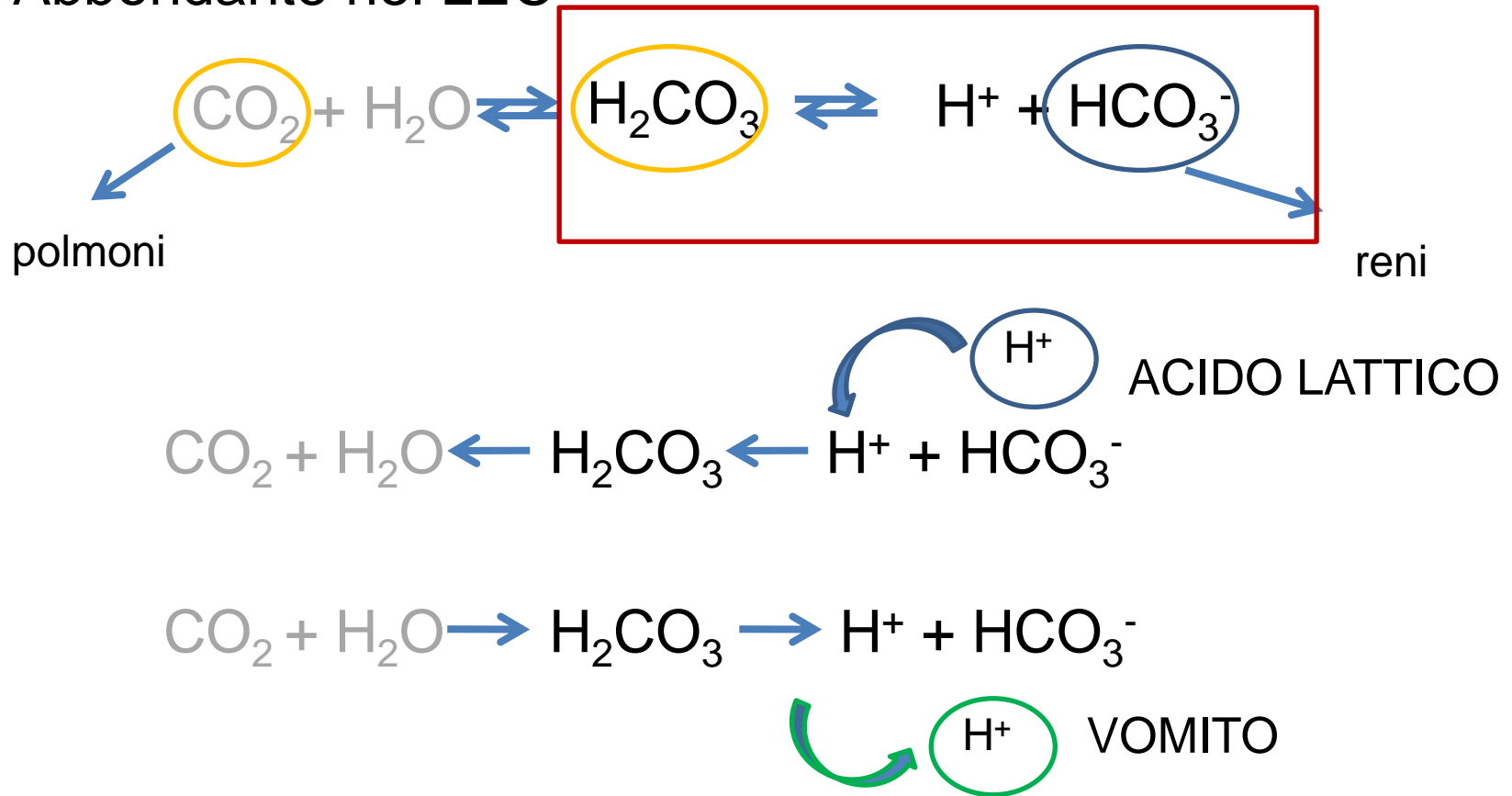
$\text{HCO}_3^- = 24 \text{ mEq/L}$   
 $\text{H}^+ = 40 \text{ nEq/L}$

# SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

Sistema Tampone	Funzioni principali
Proteine	Tampone primario del LIC; tampona anche il LEC
Emoglobina	Tampone primario contro le variazioni dell'acido carbonico
Acido carbonico/ione bicarbonato	Tampone primario LEC contro le variazioni degli acidi non carbonici

# Sistema tampone $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$

Abbondante nel LEC



Non tampona variazioni di pH indotte da fluttuazioni dell'  $\text{H}_2\text{CO}_3$

# Relazione tra $[H^+]$ e le concentrazioni dei componenti di una coppia tampone

$$K = [H^+][HCO_3^-] / [H_2CO_3]$$



$$[H^+] = K \times [H_2CO_3] / [HCO_3^-]$$

$$pH = \log_{10} 1/[H^+]$$

$$pH = pK + \log_{10} [HCO_3^-] / [H_2CO_3]$$

Equazione di

$$pH = pK + \log_{10} [HCO_3^-] / [CO_2]$$

Henderson-Hasselbach

$$H_2CO_3 pK = 6.1$$

$$[HCO_3^-] / [CO_2] = 20/1 \text{ nel LEC}$$

$$pH = 6.1 + \log_{10} (20/1) = 6.1 + 1.3 = 7.4$$



Salire = aumenta pH

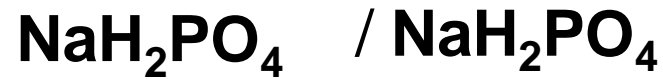
Scendere = diminuisce pH

$pH \propto \frac{[HCO_3^-] \text{ regolata dai reni}}{[CO_2] \text{ regolata dai polmoni}}$

# SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

Sistema Tampone	Funzioni principali
Proteine	Tampone primario del LIC; tampona anche il LEC
Emoglobina	Tampone primario contro le variazioni dell'acido carbonico
Acido carbonico/ione bicarbonato	Tampone primario LEC contro le variazioni degli acidi non carbonici
Fosfato	Importante tampone urinario; Tampona anche il LIC

# Sistema tampone fosfato



Bifosfato di sodio Idrogeno fosfato di disodio



Bassa concentrazione nel LEC

Alta concentrazione nel LIC e nelle urine

**H<sup>+</sup> IN ECCESSO DEVONO ESSERE PRIMA RIMOSI ..... POI ELIMINATI  
PER GARANTIRE IL MANTENIMENTO DEL pH in intervalli compatibili con la vita**



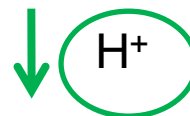
# SISTEMA RESPIRATORIO e regolazione pH

Minuti - Elimina  $\text{CO}_2$  e quindi  $\text{H}_2\text{CO}_3$  dall'organismo

Attività respiratoria regolata dalla  $[\text{H}^+]$  arteriosa

Compensazione respiratoria nell'acidosi e alcalosi indotte da cause non respiratorie

Compensazioni respiratorie	Normale (pH= 7,4)	Acidosi metabolica (pH= 7,1)	Alcalosi metabolica (pH= 7,7)
Ventilazione	Normale	↑	↓
Velocità rimozione $\text{CO}_2$	Normale	↑	↓
Velocità formazione $\text{H}_2\text{CO}_3$	Normale	↓	↑
Velocità generazione $\text{H}^+$ a partire da $\text{CO}_2$	Normale	↓	↑
		↑ $\text{H}^+$	



# SISTEMA RESPIRATORIO e regolazione pH

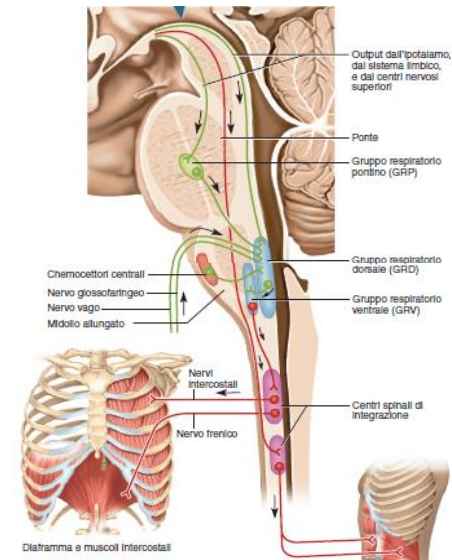
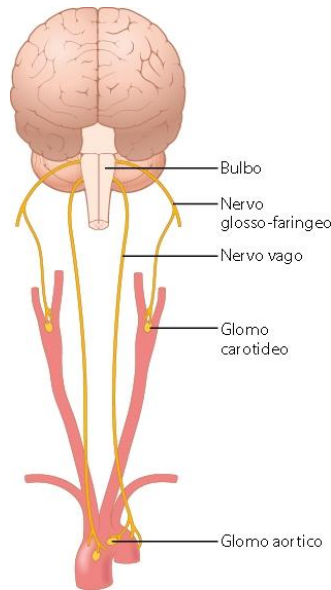
## Minuti -Elimina CO<sub>2</sub> e quindi H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dall'organismo

Attività respiratoria regolata dalla [H<sup>+</sup>] arteriosa

Compensazione respiratoria nell'acidosi e alcalosi indotte da cause non respiratorie

Seconda linea  
di difesa

Compensa solo  
al 50%-70%



→ Contrasto tra chemocettori periferici e centrali

→ Forza motrice per compensazione ventilazione diminuisce via via che il pH torna a valori normali

# **SISTEMA RENALE e regolazione pH**

**Lento ( ore, giorni)**

**Rimuovono eccesso di acidi o basi dall'organismo**

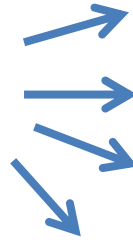
**Escrezione di  $H^+$**

**Riassorbimento di  $HCO_3^-$**

**Generazione di nuovi di  $HCO_3^-$**

**Escrezione di ammoniaca  $NH_3$**

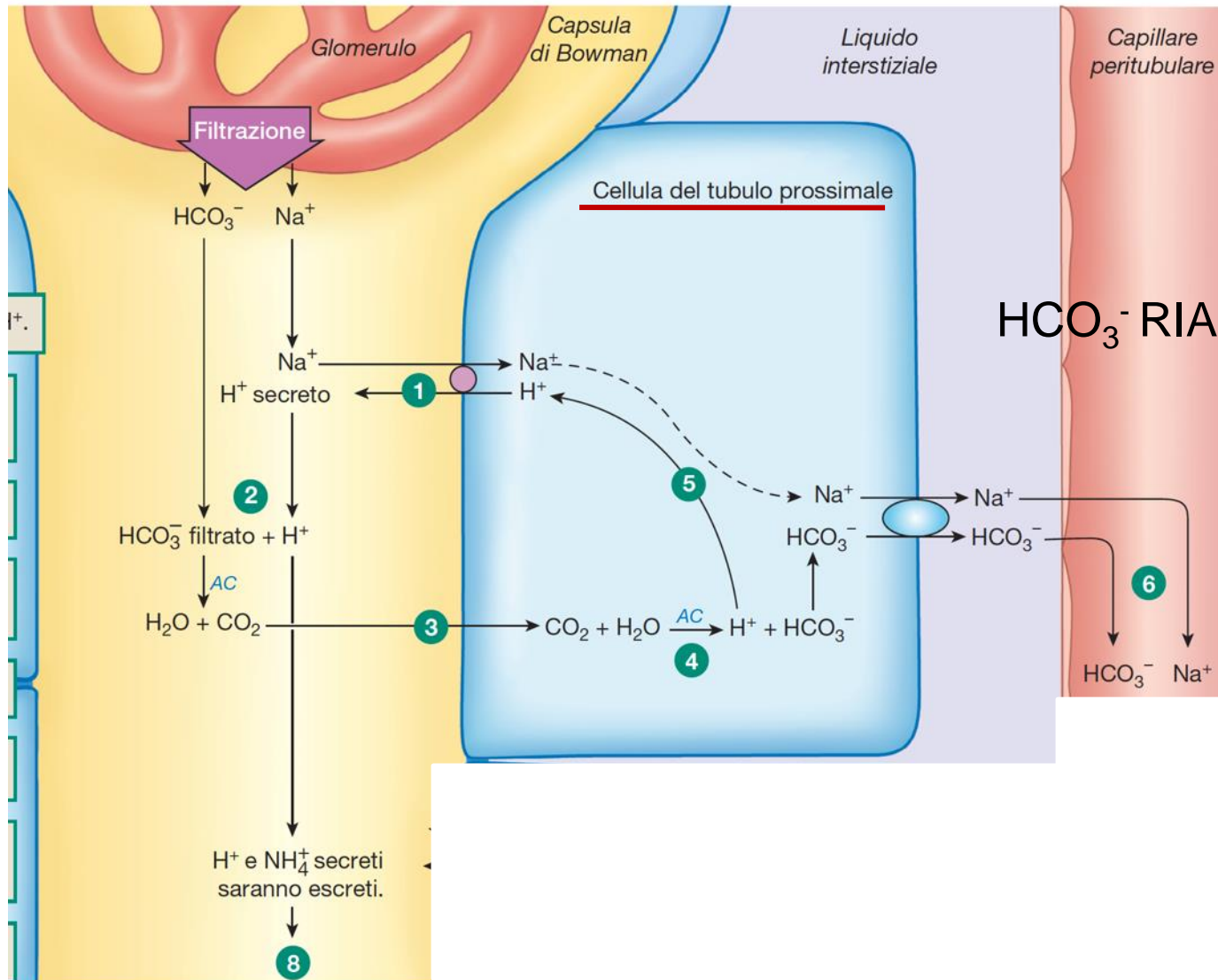
Regolano il pH



# Regolazione renale della $[\text{HCO}_3^-]$ plasmatica

No eliminazione  $\text{H}^+$

Riassorbimento di  $\text{HCO}_3^-$     **Secrezione e riciclo di  $\text{H}^+$**



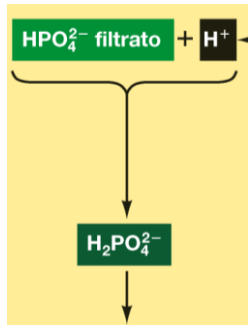
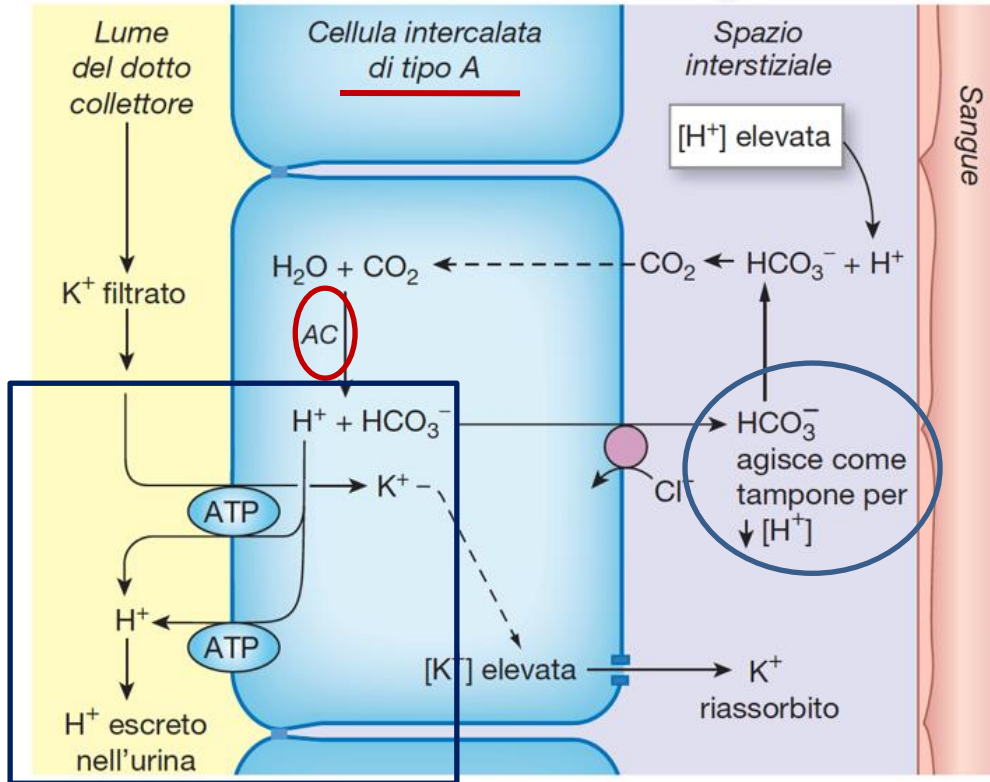
o è riassorbito dal tubulo prossimale.

# Tubulo distale

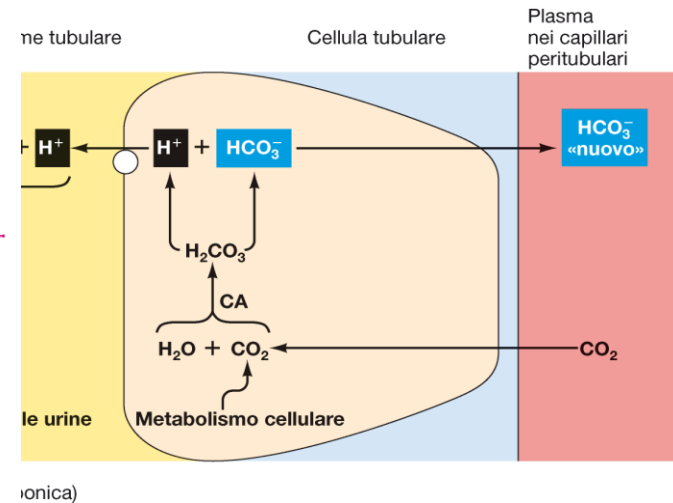
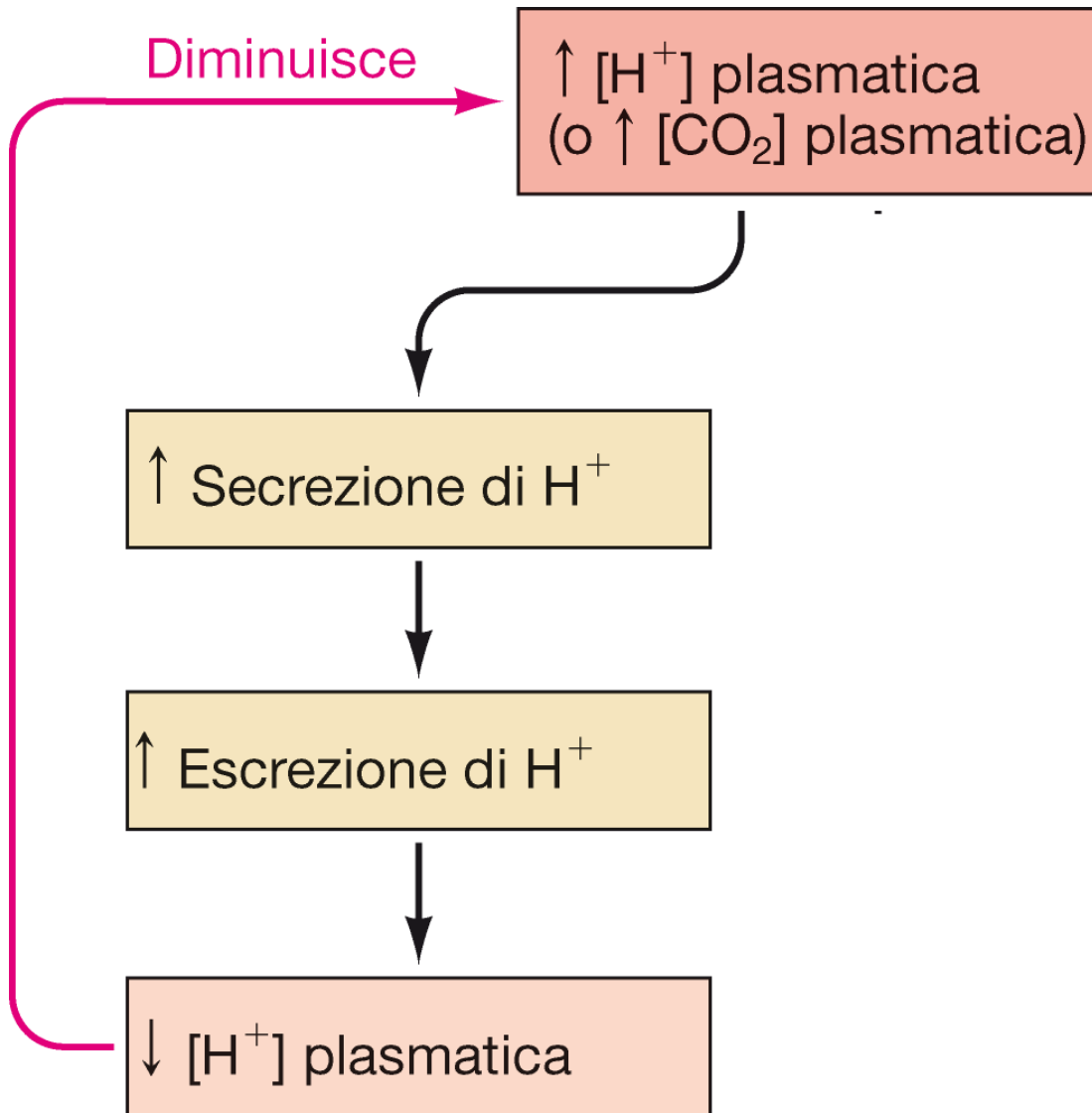


(a) **Acidosi.** Nell'acidosi funzionano le cellule intercalate di tipo A del dotto collettore.  $H^+$  è escreto;  $HCO_3^-$  e  $K^+$  sono riassorbiti.

## Secrezione ed escrezione di $H^+$

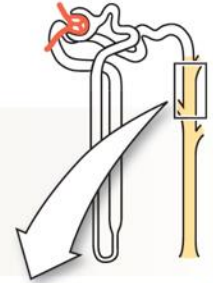


# Regolazione secrezione $H^+$

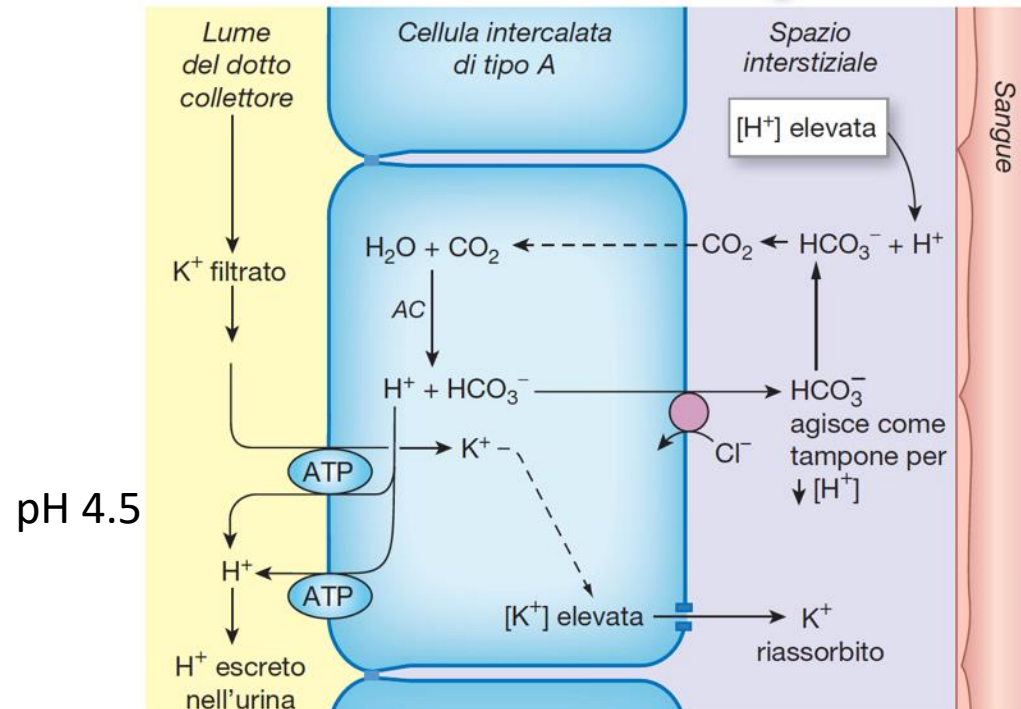


# ACIDOSI

## SECREZIONE DI $H^+$ contro gradiente concentrazione ed escrezione



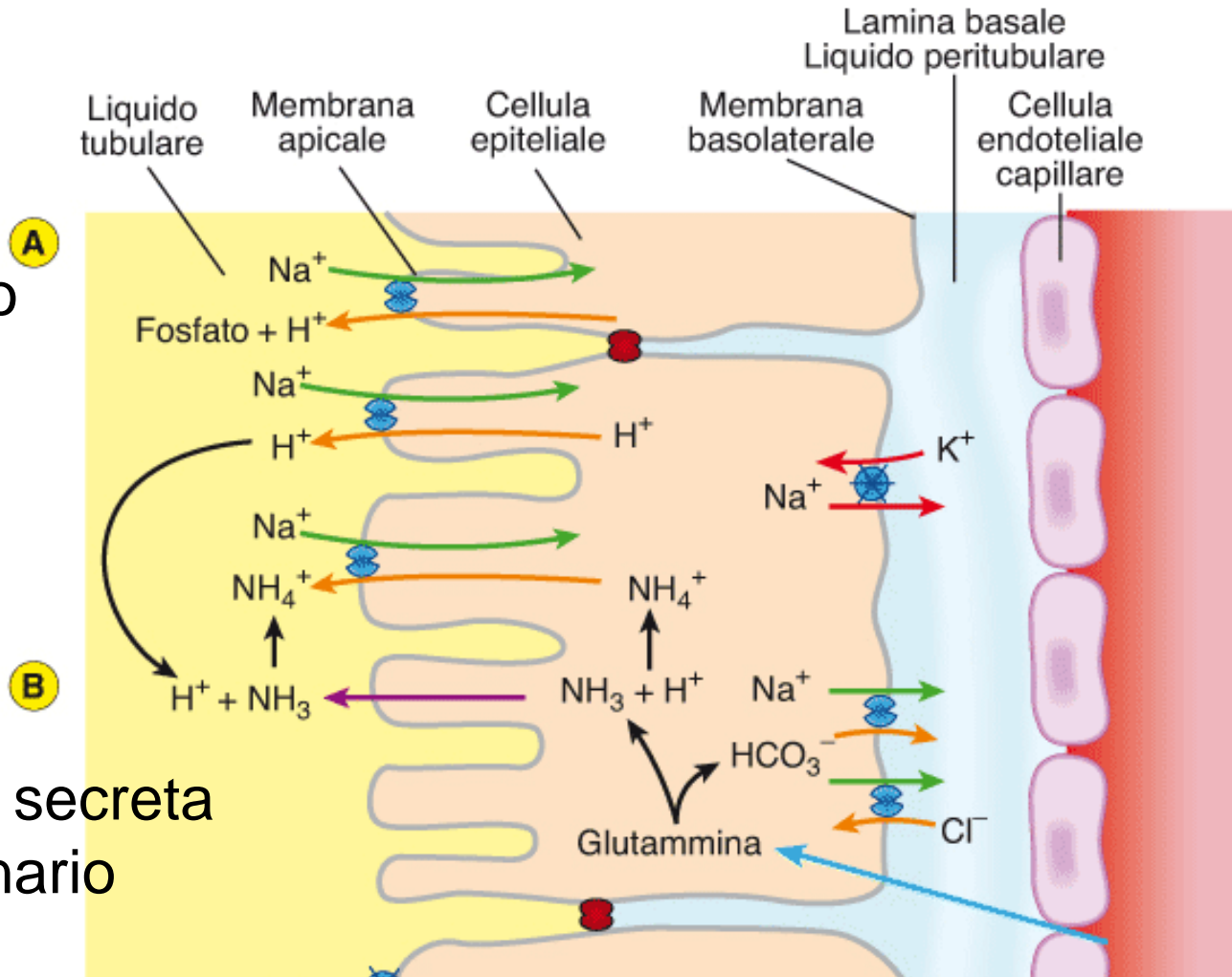
(a) **Acidosi.** Nell'acidosi funzionano le cellule intercalate di tipo A del dotto collettore.  $H^+$  è escretato;  $HCO_3^-$  e  $K^+$  sono riassorbiti.



# ACIDOSI

## Tamponamento urinario di $H^+$

Fosfato filtrato  
come  
**tampone  
fosfato**



Ammoniaca  $NH_3$  secreta  
Tampone urinario

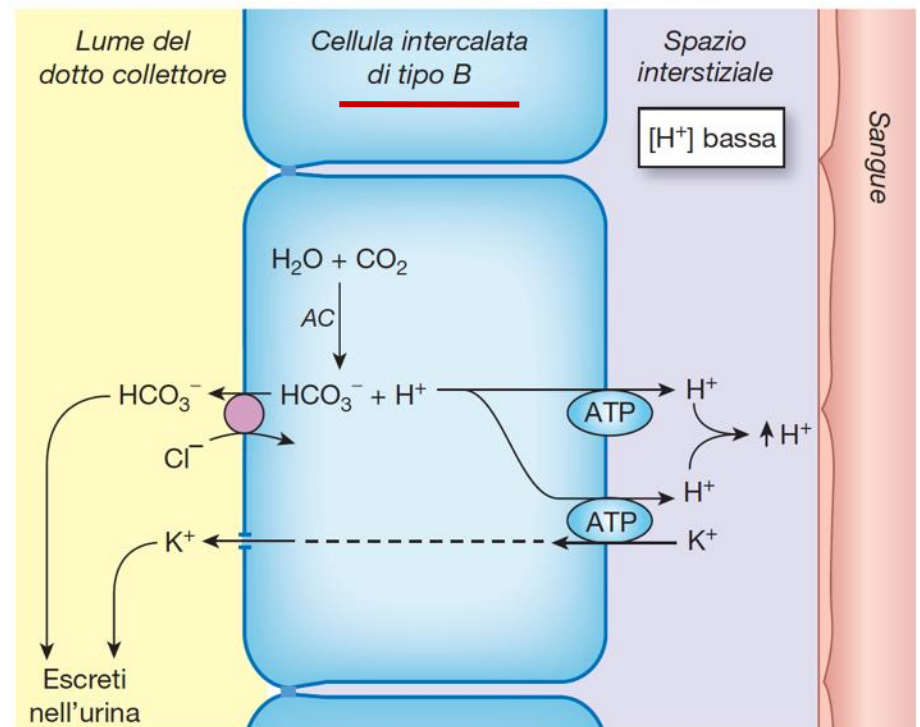


# ALCALOSI

## RIASSORBIMENTO DI $H^+$ ed ESCREZIONE $HCO_3^-$

### Tubulo distale

(b) **Alcalosi.** Nell'alcalosi funzionano le cellule intercalate di tipo B del dotto collettore.  $HCO_3^-$  e  $K^+$  sono escreti;  $H^+$  è riassorbito.



**FIGURA 20.18** Funzione delle cellule intercalate nelle perturbazioni dell'equilibrio acido-base.