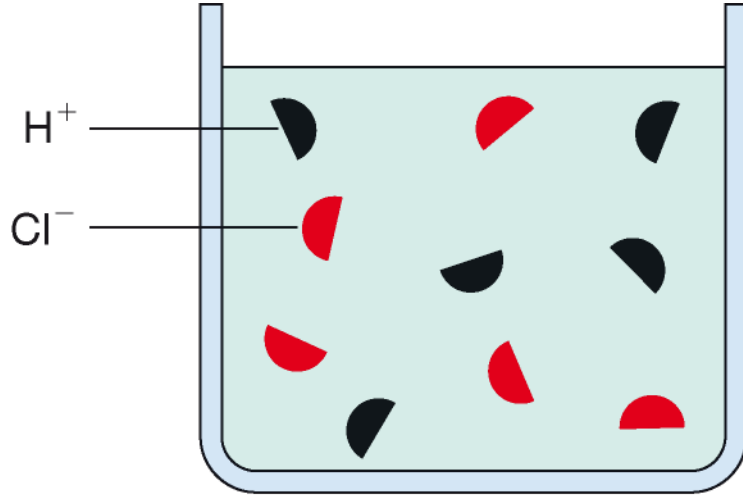


EQUILIBRI ACIDO-BASE

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

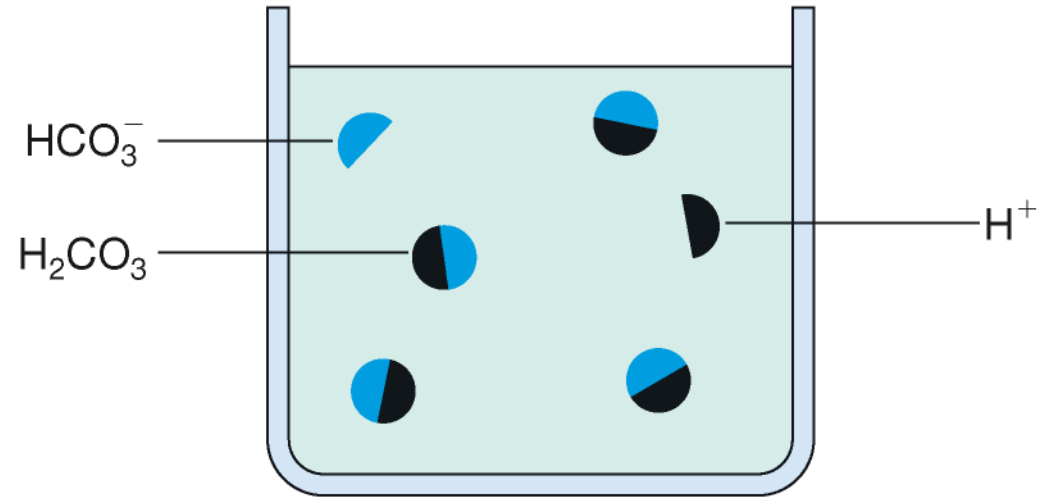
EQUILIBRIO ACIDO-BASE=

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



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

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

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

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

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

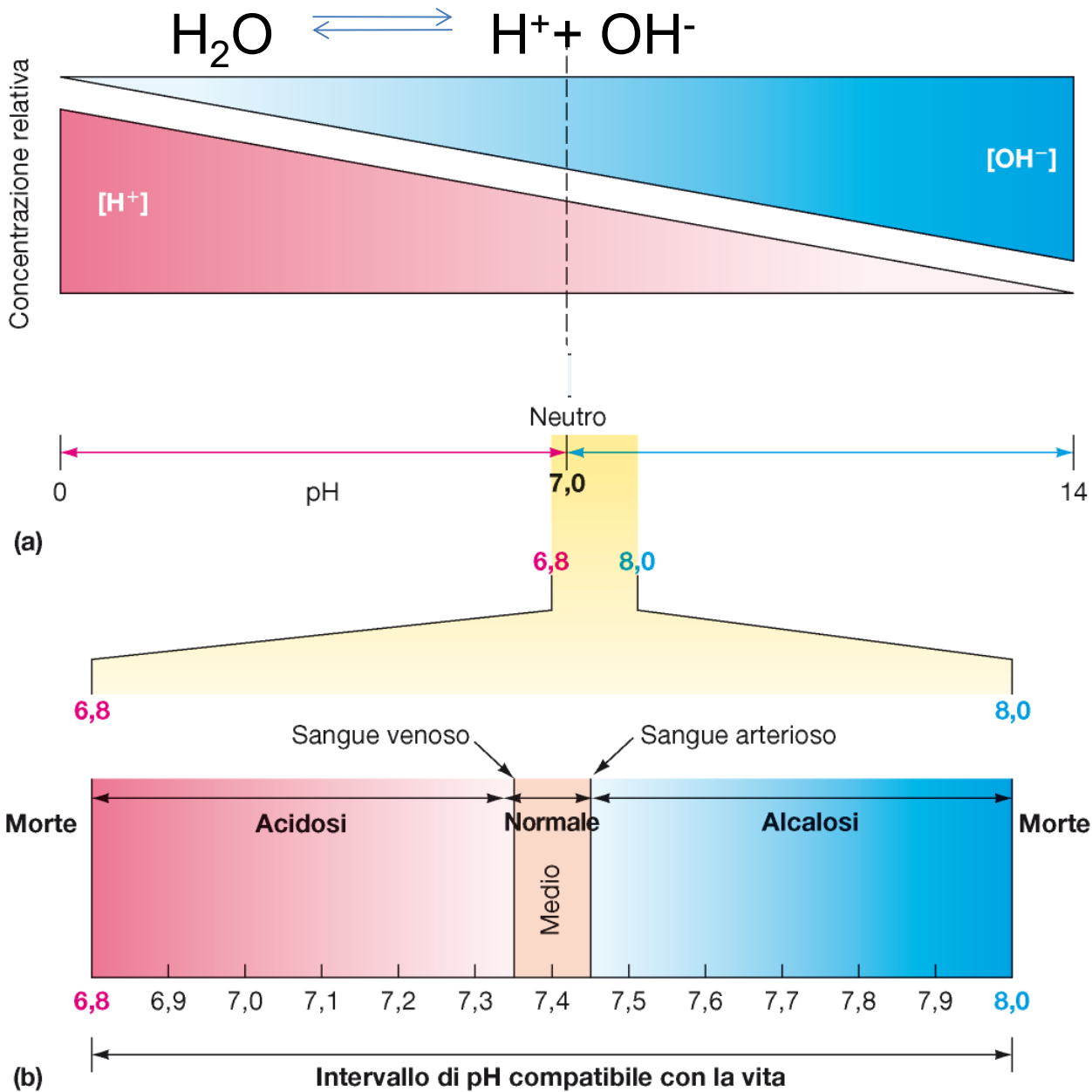
$$\log_{10} 1000 = 3$$

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

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

1 unità pH = [H⁺] 10 volte diversa

pH7 = [H⁺] 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

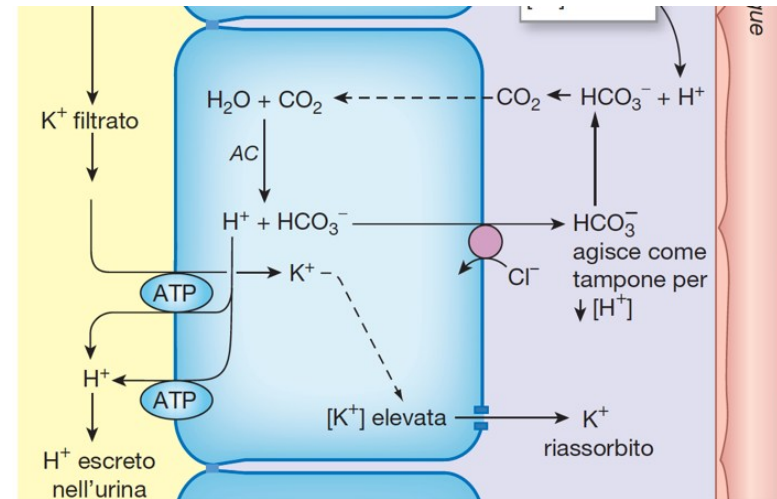
EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL pH OLTRE LIMITI FISIOLÓGICI $7,35 < \text{pH} < 7,45$

Alterazioni dell'eccitabilità delle cellule nervose e muscolari

ACIDOSI: depressione del SNC

ALCALOSI: ipereccitabilità del SN

Modificazioni dell'attività enzimatica



Influenzano le concentrazioni di K^+ dell'organismo

ACIDOSI: diminuita escrezione K **iperkalemia**
Ipereccitabilità cardiaca

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

Sorgenti di ioni H⁺

INGRESSO

H⁺

ELIMINAZIONE

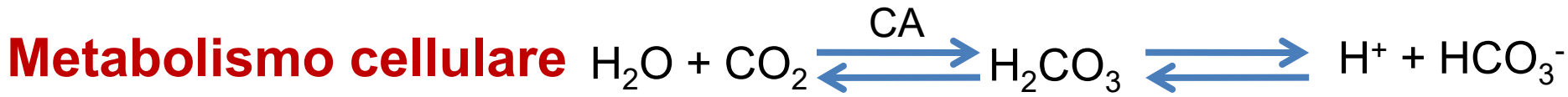
H⁺

-Cibo
-Attività
metaboliche



80 mEq /die

Metabolismo cellulare



Dieta

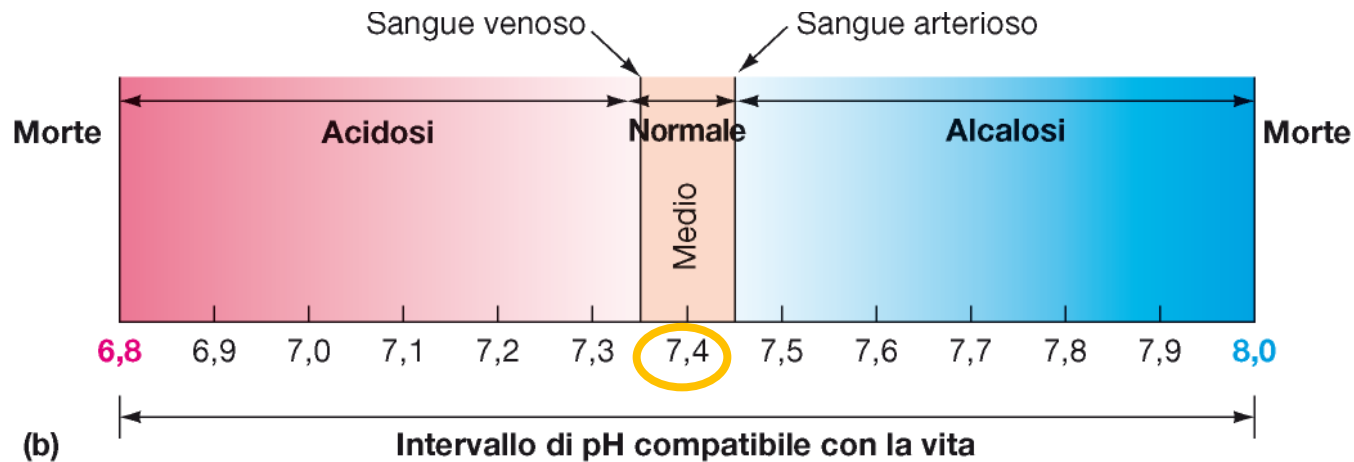
**Acidi inorganici prodotti
durante la degradazione
dei nutrienti**

proteine → Acido fosforico
Acido solforico

Frutta →
verdura → basi

**Acidi organici derivati
dal metabolismo
intermedio**

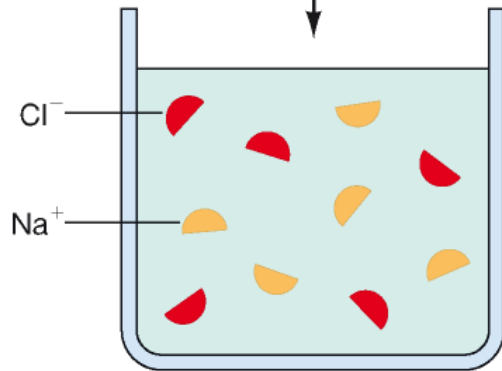
Acidi grassi dai lipidi
Acido lattico dai muscoli in intensa attività



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

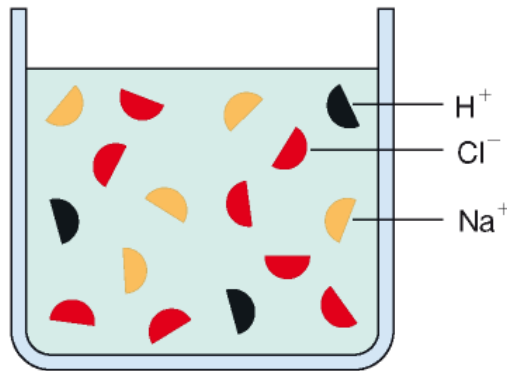
- | | | |
|----------------------------------|---|--|
| Sistemi tampone liquidi corporei | → | Rapidi (secondi)
Tengono l' H ⁺ in forma legata
Fino al ristabilirsi dell'equilibrio |
| Sistema respiratorio | → | Minuti
Elimina CO ₂ e quindi H ⁺ dall'organismo |
| Sistema renale | → | Lento (ore, giorni)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

Acido forte



Soluzione acquosa di NaCl non tamponata

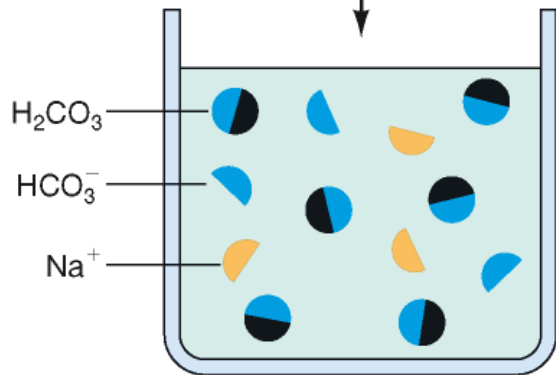
Aggiunta di 3 HCl a una soluzione non tamponata



Presenti 3 H⁺ liberi

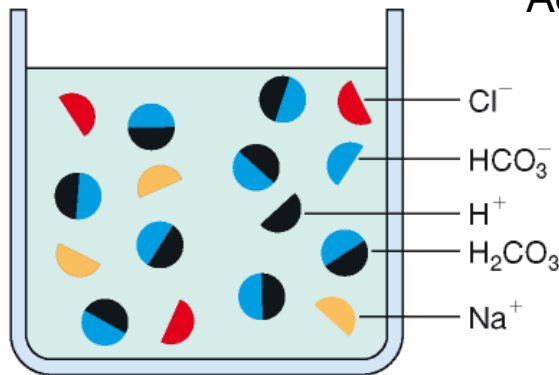
(a)

SISTEMA TAMPONE
Ridurre al minimo
le variazioni di pH



Soluzione acquosa contenente il tampone H₂CO₃ / HCO₃⁻

Aggiunta di 3 HCl



Presente 1 H⁺ libero



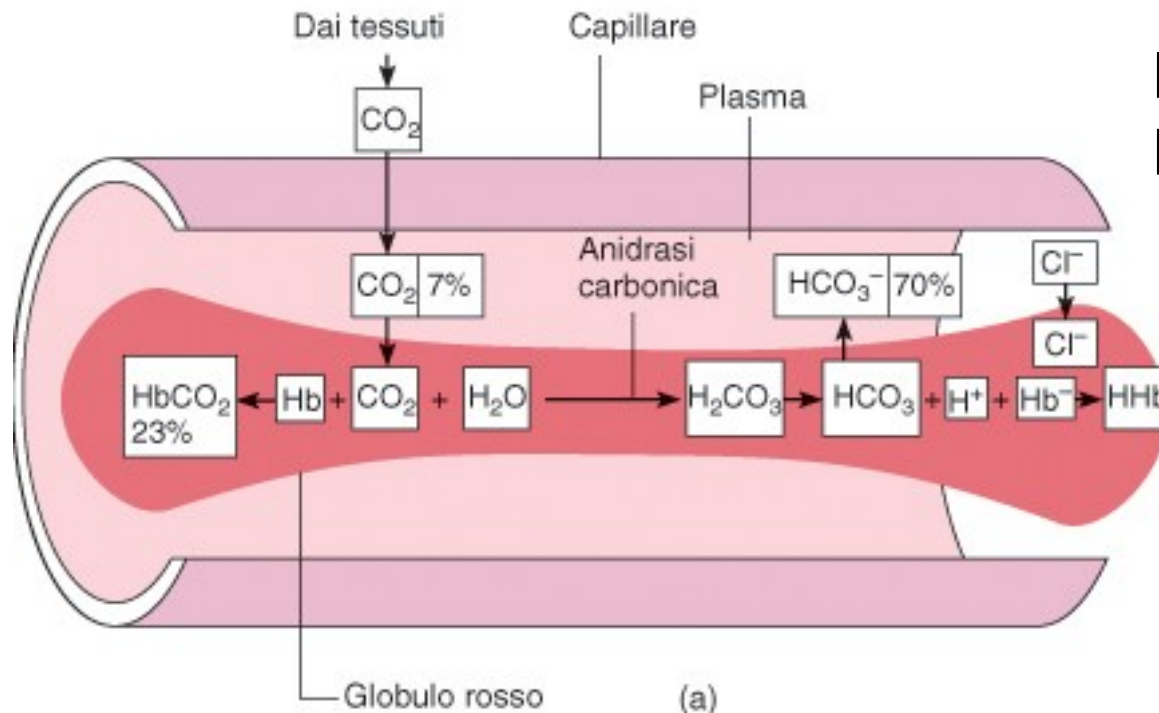
Acido debole

SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

Sistema Tampone	Funzioni principali
Proteine	Tampone primario del LIC;

SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

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



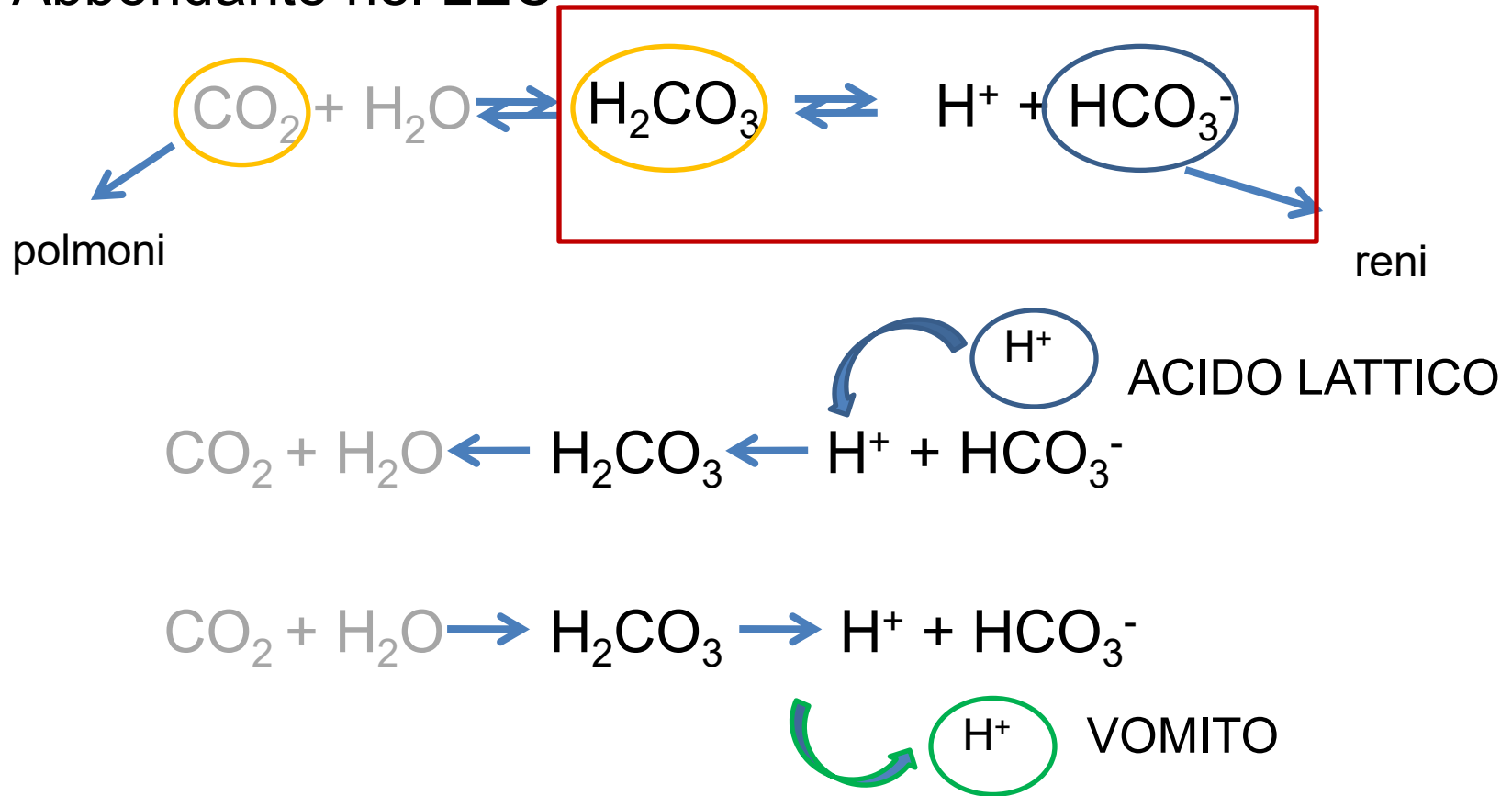
$\text{HCO}_3^- = 24 \text{ mEq/L}$
 $\text{H}^+ = 40 \text{ nEq/L}$

SISTEMI TAMPONE DELL'ORGANISMO

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

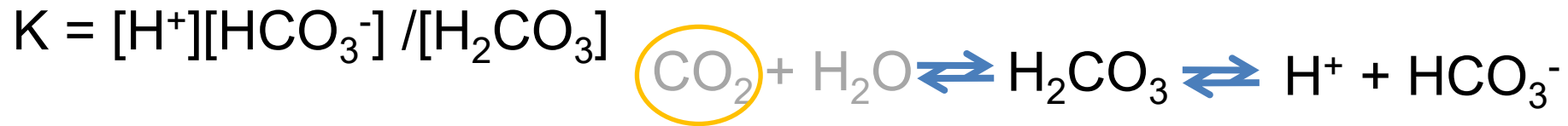
Sistema tampone $\text{H}_2\text{CO}_3/\text{HCO}_3^-$

Abbondante nel LEC



Non tampona variazioni di pH indotte da fluttuazioni dell' H_2CO_3

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



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

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

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

Equazione di

Henderson-Hasselbach

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

$$H_2CO_3 pK = 6.1$$

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

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

$$[HCO_3^-]/[CO_2]$$

Maggiore di 20 = aumenta pH

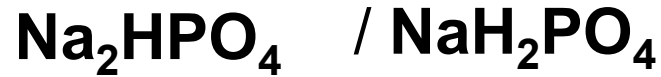
Minore di 20 = diminuisce pH

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

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



Idrogeno fosfato
di sodio Sodio diidrogeno
fosfato



Bassa concentrazione nel LEC

Alta concentrazione nel LIC e nelle urine

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

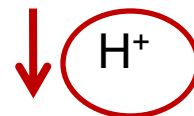
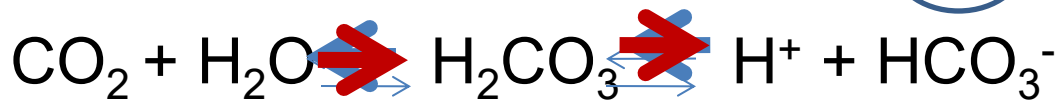
SISTEMA RESPIRATORIO e regolazione pH

Minuti -Elimina CO_2 e quindi H_2CO_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 CO_2	Normale	↑	↓
Velocità formazione H_2CO_3	Normale	↓	↑
Velocità generazione H^+ a partire da CO_2	Normale	↓	↑
		↑ H^+	



SISTEMA RESPIRATORIO e regolazione pH

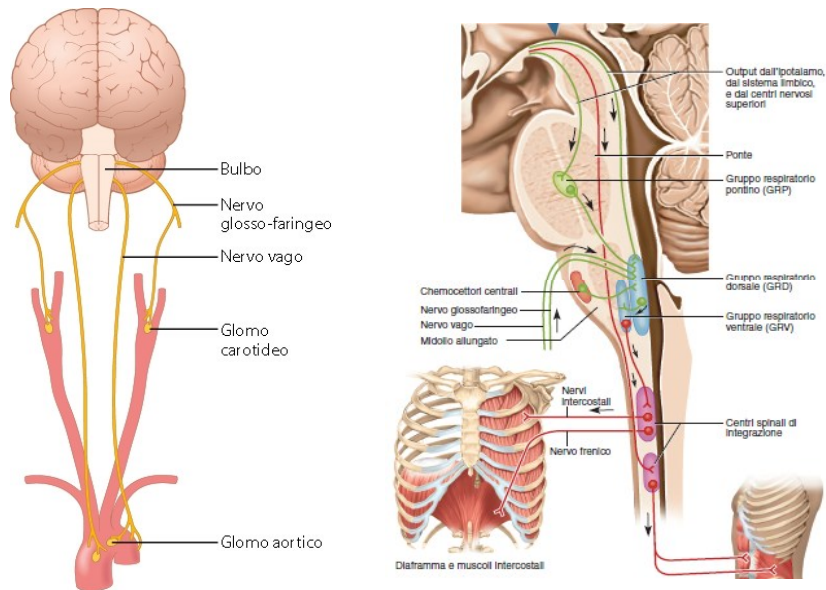
Minuti -Elimina CO_2 e quindi H_2CO_3 dall'organismo

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

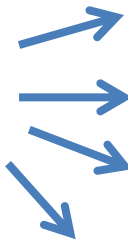
Riassorbimento di HCO_3^-

Escrezione di H^+

Generazione di nuovi di HCO_3^-

Escrezione di ammoniaca NH_3

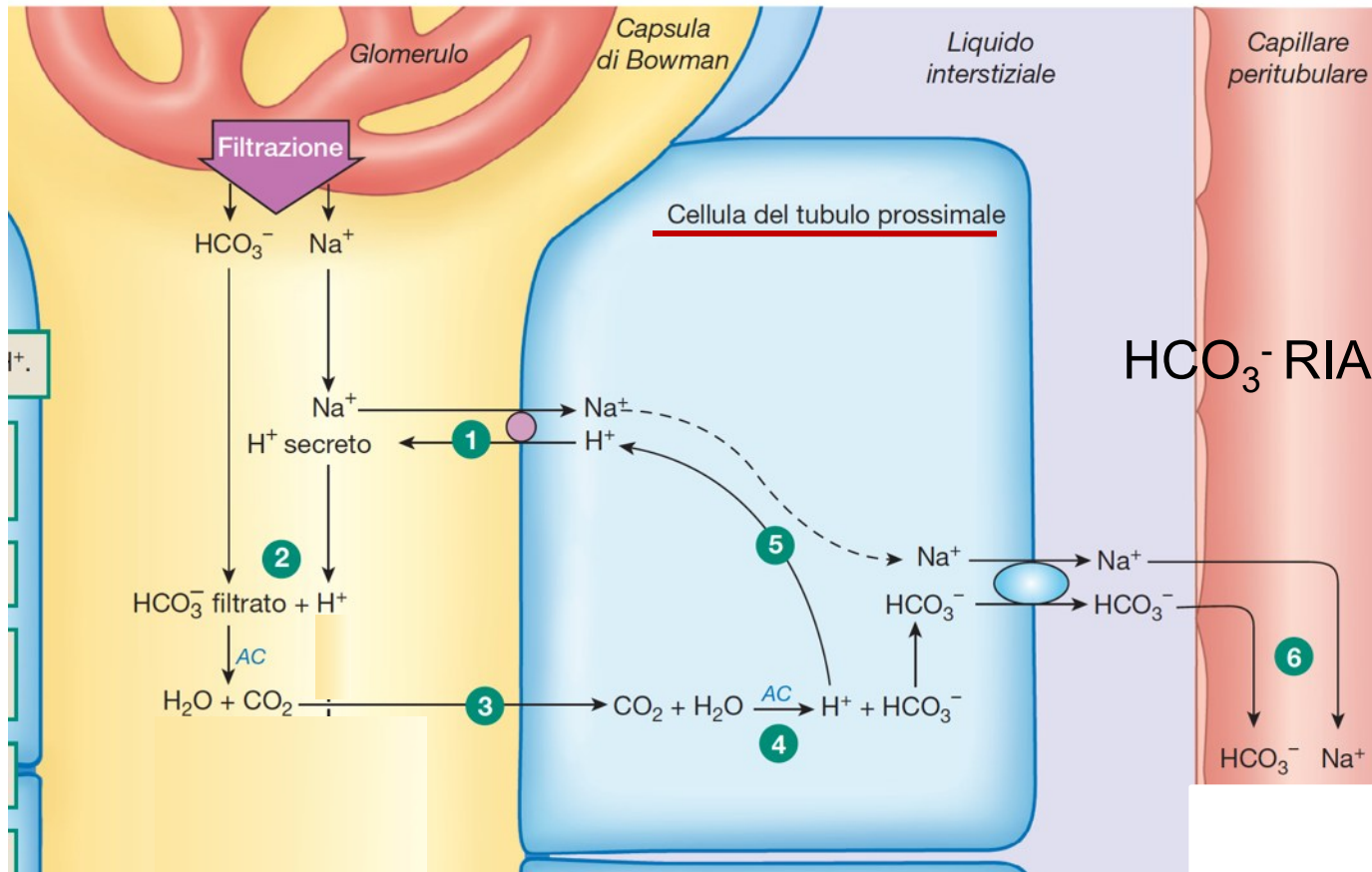
Regolano il pH



Regolazione renale della $[HCO_3^-]$ plasmatica

No eliminazione H^+

Riassorbimento di HCO_3^- Secrezione e riciclo di H^+



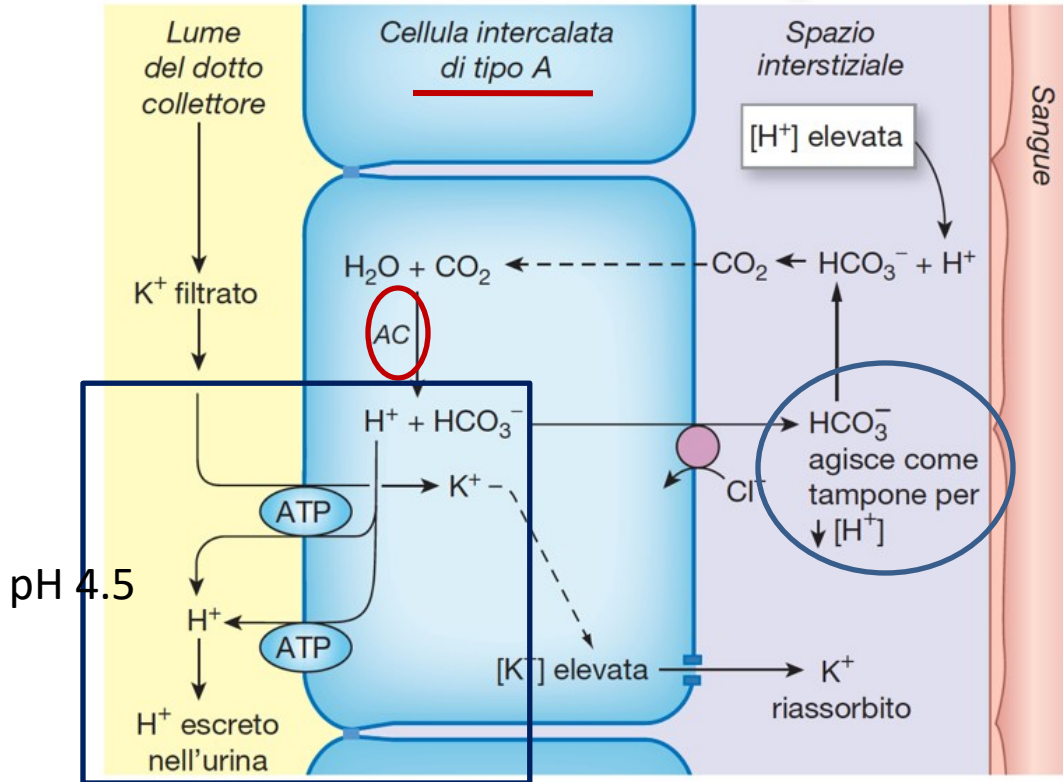
o è riassorbito dal tubulo prossimale.

Tubulo distale

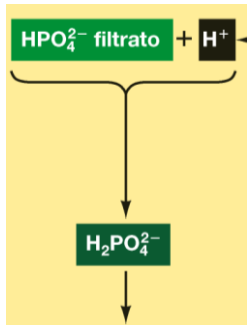


(a) **Acidosi.** Nell'acidosi funzionano le cellule intercalate di tipo A del dotto collettore. H^+ è escreto; HCO_3^- e K^+ sono riassorbiti.

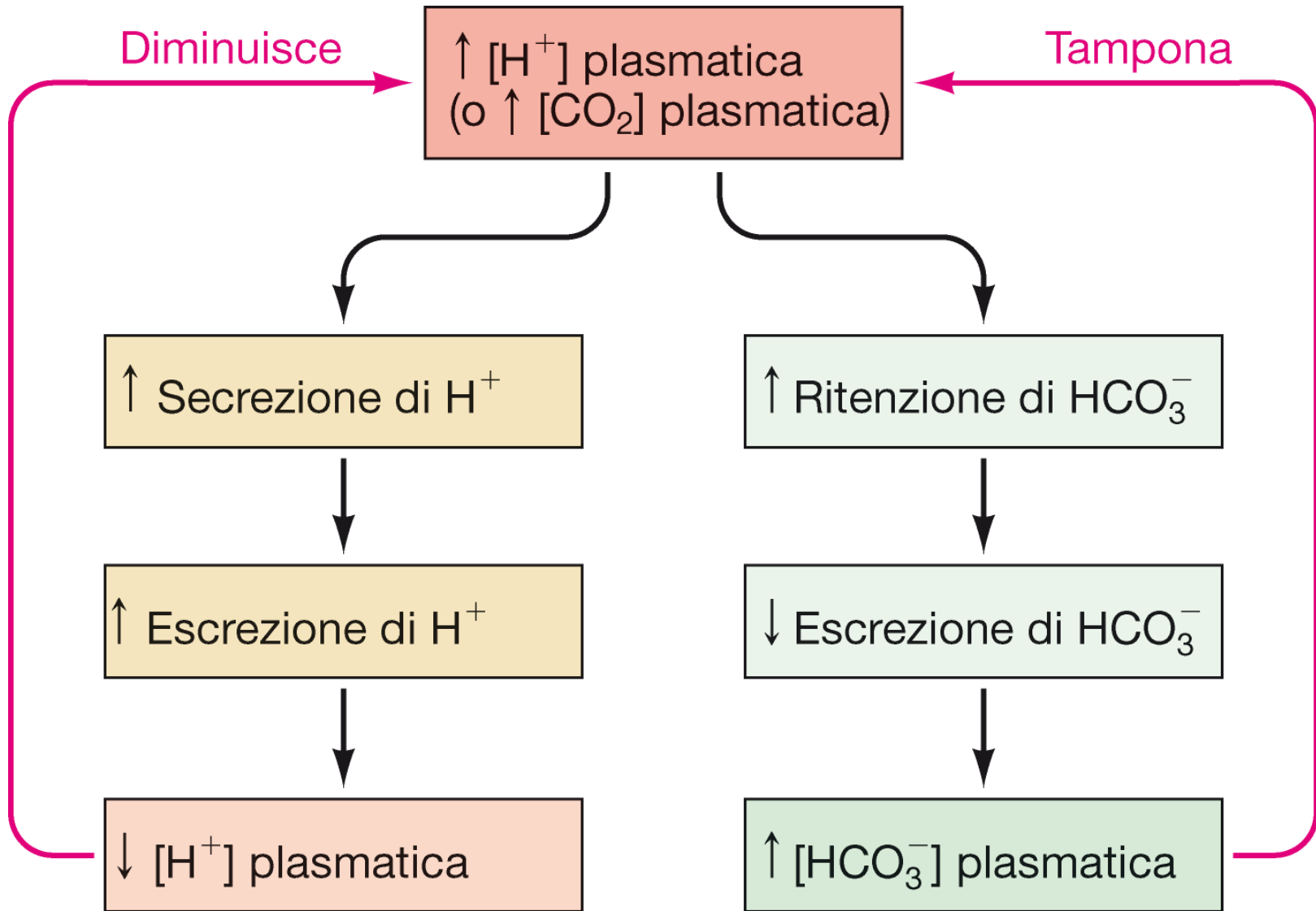
Secrezione ed escrezione di H^+

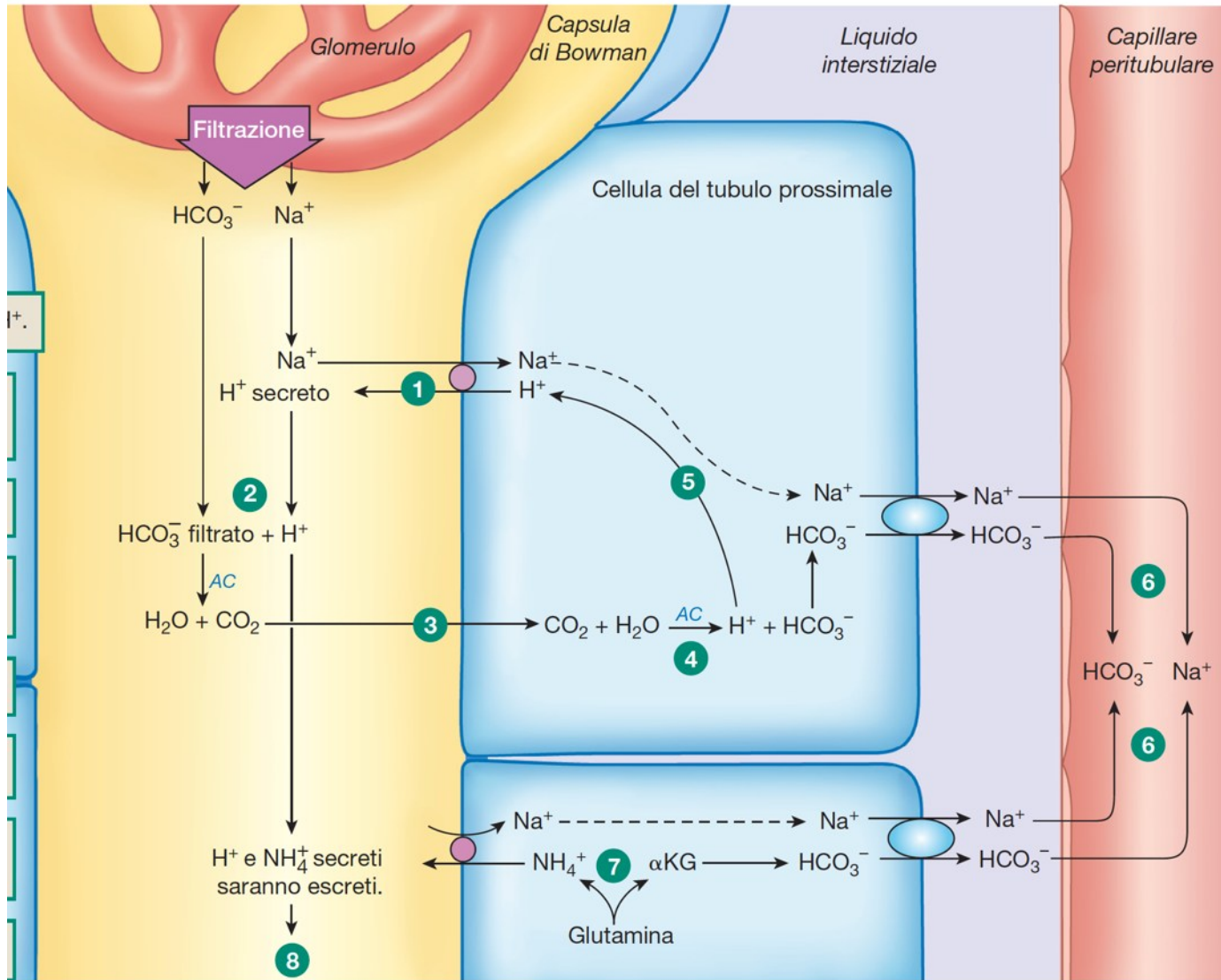


ACIDOSI
SECREZIONE DI H^+
contro gradiente
concentrazione
ed escrezione



Regolazione secrezione H^+



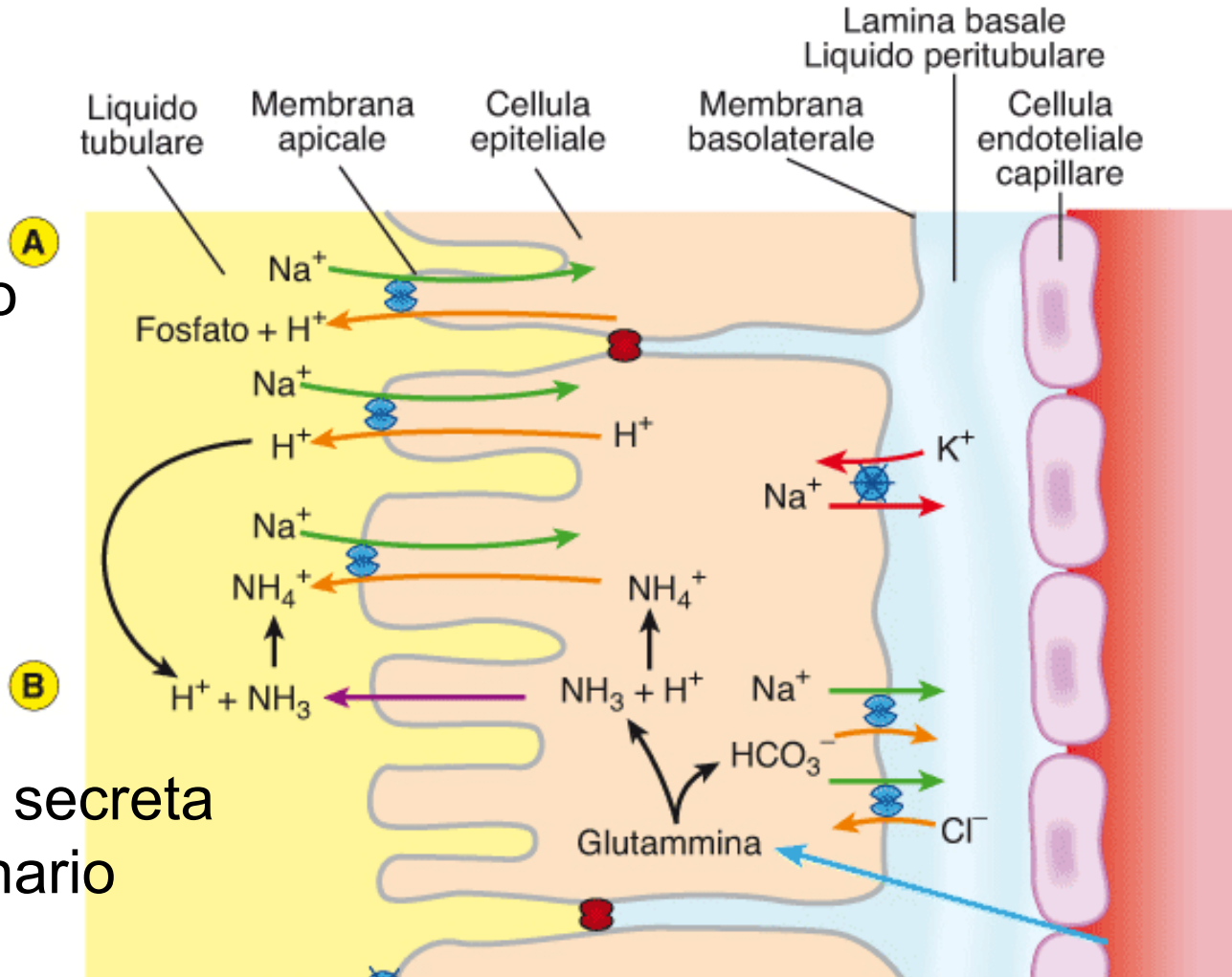


o è riassorbito dal tubulo prossimale.

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.

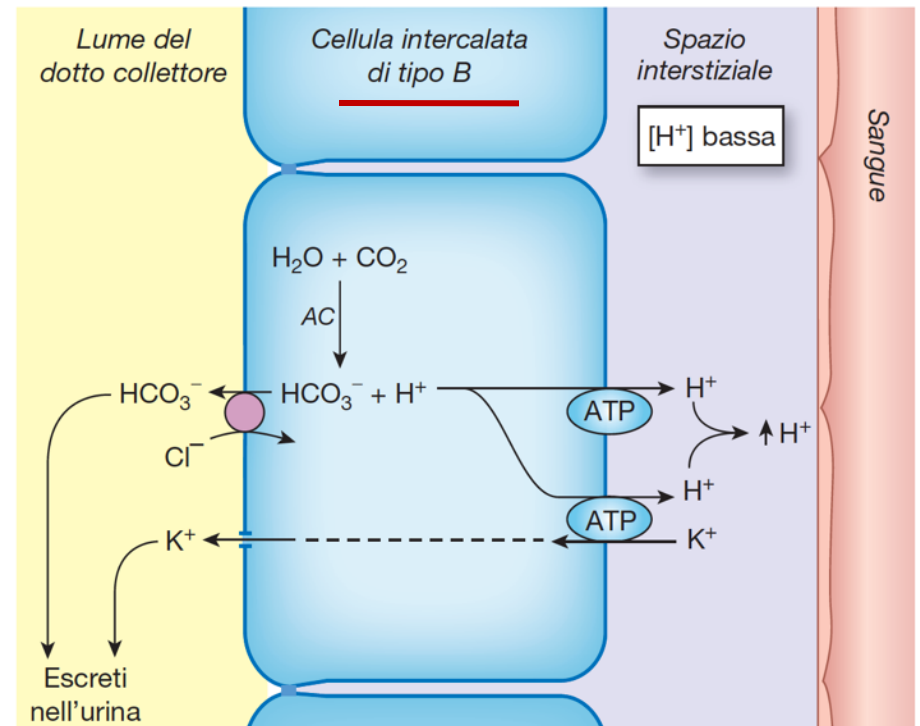


FIGURA 20.18 Funzione delle cellule intercalate nelle perturbazioni dell'equilibrio acido-base.