

Martini • Ober • Nath • Bartholomew • Petti



VISUAL Anatomia e Fisiologia



25

Equilibrio dei liquidi, degli elettroliti e acido-base

OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO

Questi obiettivi di apprendimento corrispondono ai numeri dei moduli di questo capitolo e indicano ciò che si dovrebbe conoscere dopo aver completato il capitolo.

SEZIONE 1 • Equilibrio dei liquidi e degli elettroliti

- 25.1 Indicare i compartimenti dei liquidi corporei, identificare le componenti solide e riassumerne i contenuti.
- 25.2 Spiegare cosa si intende per equilibrio dei liquidi e discutere la sua importanza per l'omeostasi.
- 25.3 Spiegare cosa si intende per equilibrio dei minerali e discuterne l'importanza per l'omeostasi.
- 25.4 Riassumere la relazione tra sodio e acqua nel mantenimento dell'equilibrio dei liquidi e degli elettroliti.
- 25.5 **+ MODULO CLINICO** Spiegare quali sono i fattori che controllano l'equilibrio del potassio e discutere ipokaliemia e iperkaliemia.

SEZIONE 2 • Equilibrio acido-base

- 25.6 Descrivere le tre classi di acidi presenti nel corpo.
- 25.7 Spiegare il ruolo dei sistemi tampone nel mantenimento dell'equilibrio acido-base e del pH.
- 25.8 Spiegare il ruolo dei sistemi tampone nel regolare il pH dei liquidi intracellulare ed extracellulare.
- 25.9 Descrivere i meccanismi compensatori implicati nel mantenimento dell'equilibrio acido-base.
- 25.10 **+ MODULO CLINICO** Descrivere l'acidosi respiratoria e l'alcalosi respiratoria.

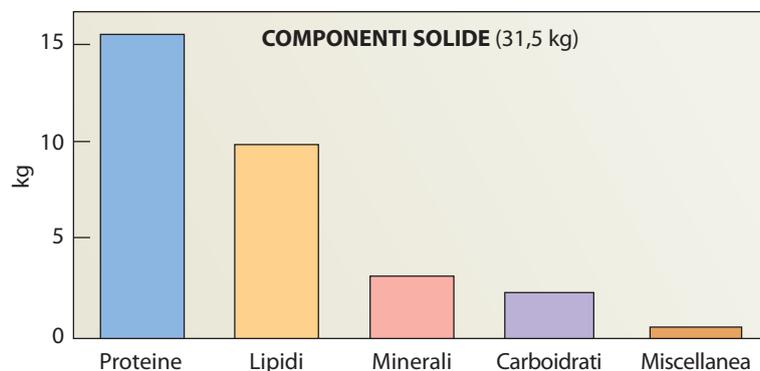
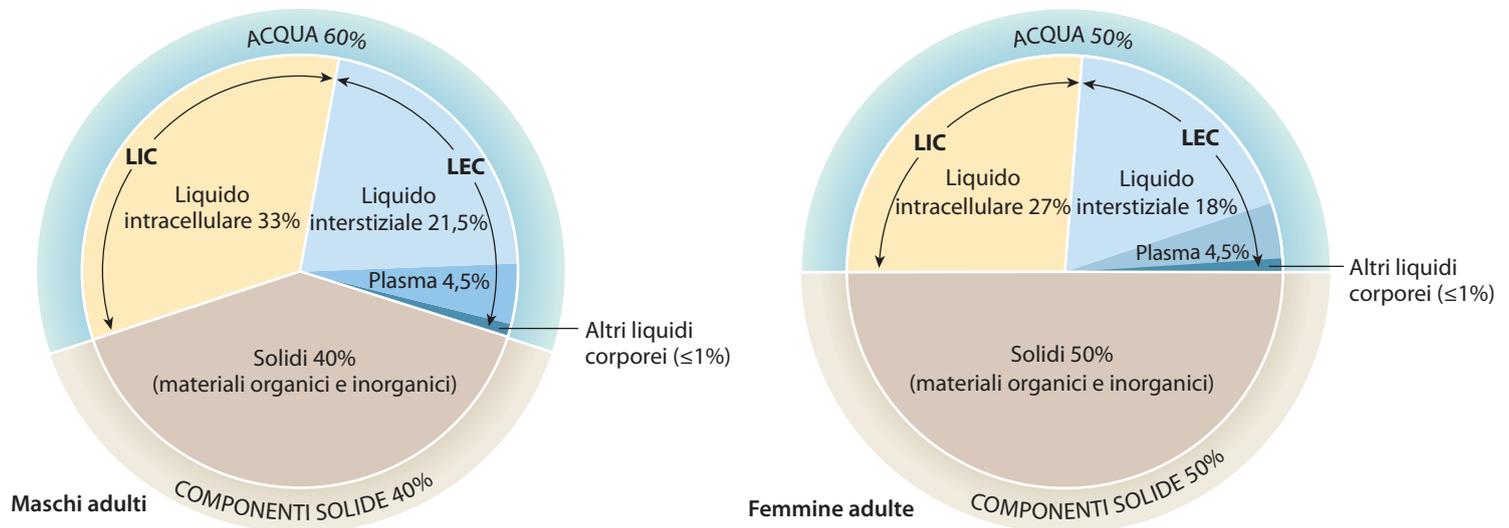


Gli Obiettivi di Apprendimento sono ripetuti alla fine di ciascun modulo.

La composizione corporea può essere considerata in termini di componenti solide e di due compartimenti di liquidi

Il Capitolo 23 ha preso in considerazione il metabolismo delle componenti organiche del corpo. Questo capitolo illustra la composizione del corpo *in toto*. Verranno analizzate le componenti inorganiche: l'acqua e i minerali. I **minerali** sono le sostanze inorganiche che si dissociano nei fluidi corporei per formare ioni chiamati elettroliti.

1 Questi grafici a torta paragonano la composizione corporea di maschi e femmine adulti. Le maggiori variazioni si riscontrano nel liquido intracellulare (LIC), o citosol, come risultato delle differenze del contenuto intracellulare di acqua nel grasso (10%) rispetto al muscolo scheletrico (75%). Differenze meno marcate si riscontrano nel liquido extracellulare (LEC), dovute alle variazioni nel volume del liquido interstiziale e al maggiore volume di sangue nei maschi rispetto alle femmine (per semplificare, plasma si riferisce al plasma sanguigno). LEC e LIC sono indicati come due diversi **compartimenti dei liquidi**, perché solitamente si comportano come entità distinte. Poiché le cellule hanno una membrana plasmatica e alla superficie della membrana si verifica un trasporto attivo, le cellule sono capaci di mantenere un ambiente interno distinto da quello del LEC.



2 Le componenti solide costituiscono solo il 40-50% della massa corporea. Questo grafico a barre mostra la distribuzione delle componenti solide in un soggetto adulto di 70 kg con un minimo contenuto di grasso. Il grafico presenta i valori medi ottenuti da maschi e femmine di età compresa tra 18 e 40 anni.

In questa sezione verranno presi in esame gli scambi di acqua ed elettroliti tra LEC e LIC e tra il corpo e l'ambiente esterno.

Verifica del modulo 25.1

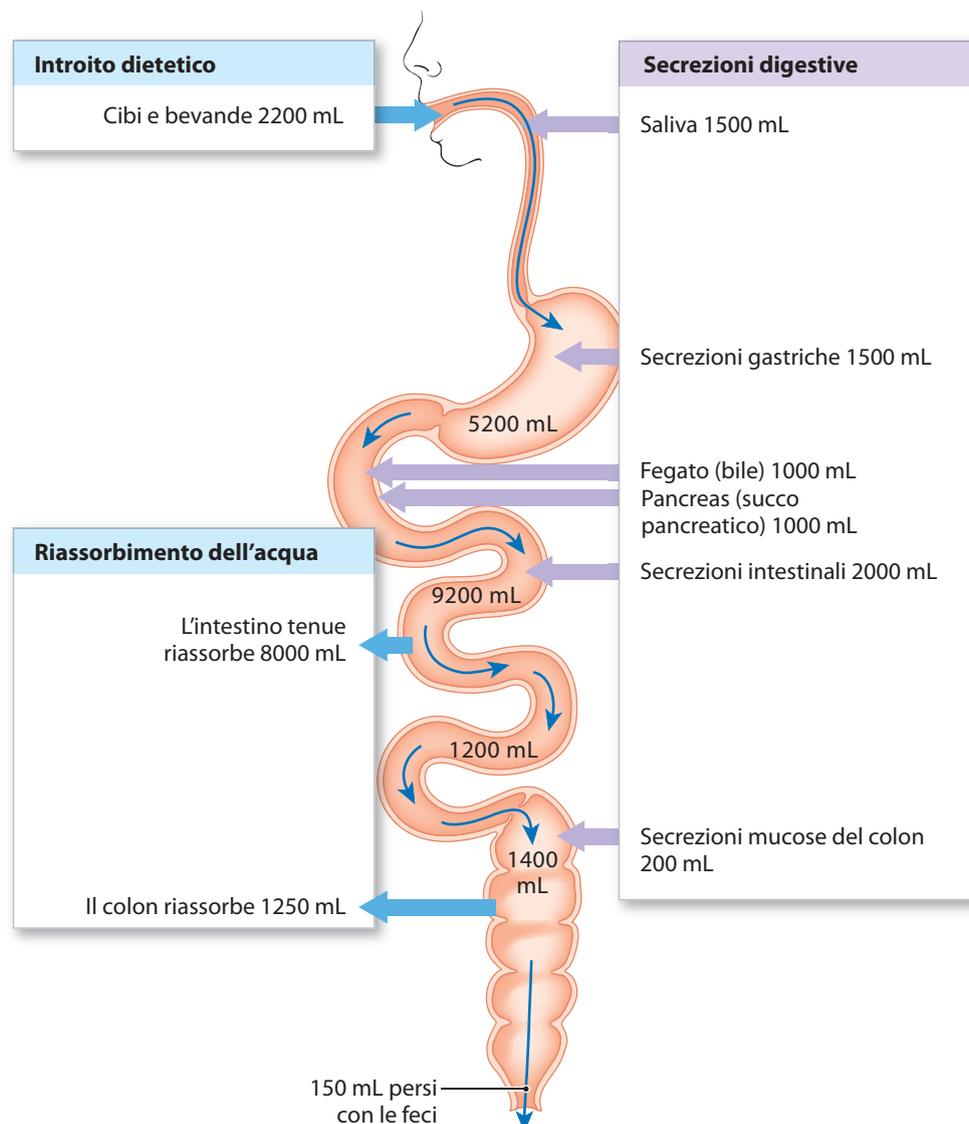
- Cosa sono i minerali?
- Indicare i due compartimenti dei liquidi.
- Come fanno le cellule a mantenere costante il loro ambiente interno?

L'equilibrio dei liquidi sussiste quando la quantità di acqua che si perde è uguale a quella che si introduce

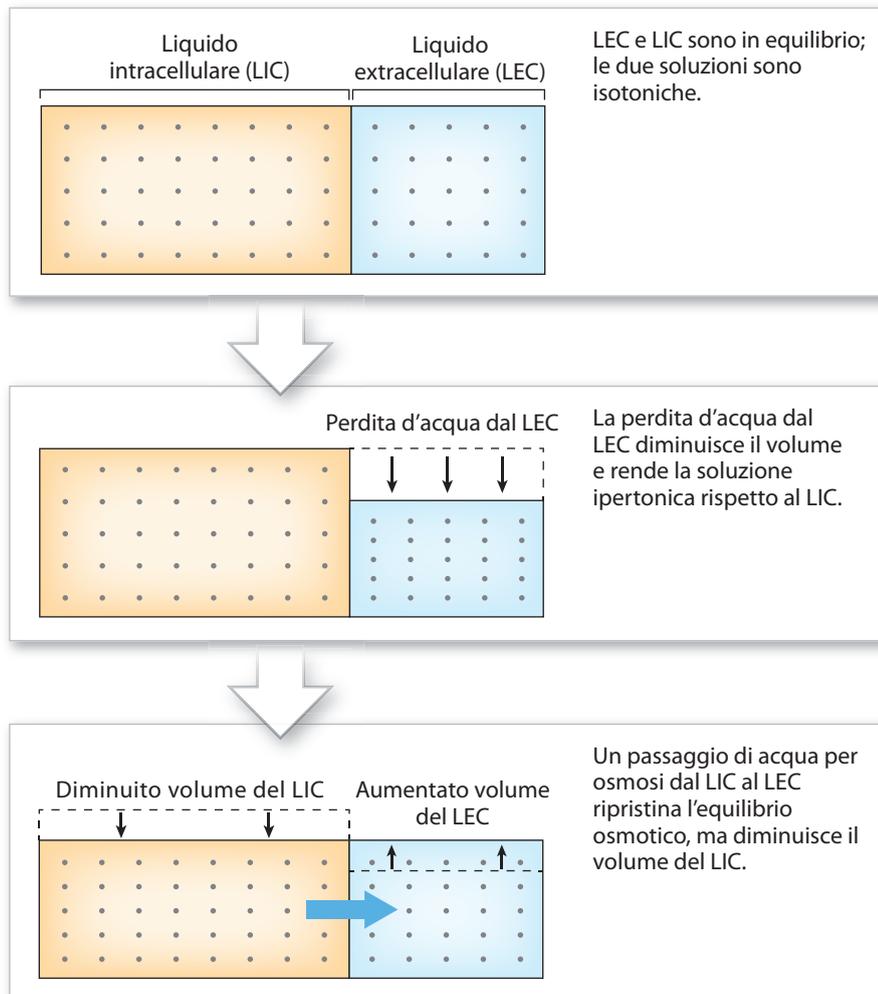
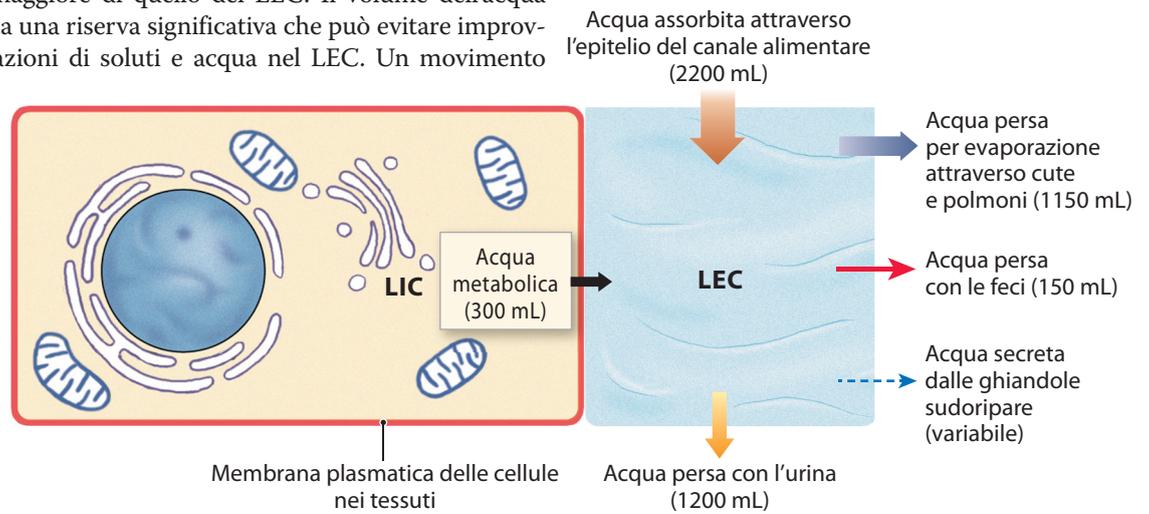
1 Il nostro corpo si trova in uno stato di **equilibrio dei liquidi** quando il contenuto totale di acqua rimane costante nel tempo. L'acqua si assume essenzialmente a livello dell'apparato digerente, mentre può essere persa per vie diverse; circa la metà delle perdite giornaliere avviene attraverso l'urina.

Equilibrio dei liquidi	
Fonte	Introito giornaliero (mL)
Acqua contenuta nei cibi	1000
Acqua assunta con i liquidi	1200
Acqua prodotta con il catabolismo	300
Totale	2500
Metodo di eliminazione	Perdita giornaliera (mL)
Minzione	1200
Evaporazione attraverso la cute	750
Evaporazione attraverso i polmoni	400
Perdita con le feci	150
Totale	2500

2 Questa figura schematica indica dove l'acqua entra nel canale alimentare mediante ingestione o secrezione e dove viene riassorbita. Solo una piccola quantità lascia il canale alimentare con le feci. La situazione è complicata dal fatto che le ghiandole esocrine annesse al canale alimentare producono secrezioni acquose che si mescolano con il contenuto del lume del canale alimentare. La maggior parte dell'acqua rilasciata nei secreti deve essere recuperata insieme all'acqua assunta con cibi e bevande. Questi movimenti dell'acqua seguono passivamente gradienti osmotici. Le cellule epiteliali intestinali assorbono di continuo nutrienti e ioni e queste attività diminuiscono gradualmente la concentrazione dei soluti nel lume del canale alimentare e aumentano la concentrazione dei soluti nel liquido interstiziale della lamina propria. Man mano che la concentrazione dei soluti diminuisce nel lume, l'acqua si muove attraverso l'epitelio verso il liquido interstiziale, mantenendo l'equilibrio osmotico. Una volta giunta nel liquido interstiziale, l'acqua assorbita si distribuisce rapidamente nel LEC.



3 Questa figura schematica illustra i fattori che incidono sul volume del LEC. Sebbene la composizione di LEC e LIC sia molto diversa, essi sono in equilibrio osmotico. Il volume del LIC è maggiore di quello del LEC. Il volume dell'acqua all'interno delle cellule rappresenta una riserva significativa che può evitare improvvisi cambiamenti nelle concentrazioni di soluti e acqua nel LEC. Un movimento veloce di acqua tra LEC e LIC in risposta ad un gradiente osmotico è chiamato **spostamento dei liquidi**. Spostamenti di liquidi si verificano rapidamente in risposta ai cambiamenti nella concentrazione osmotica del LEC e l'equilibrio viene raggiunto in pochi minuti o ore. Questo può essere un fattore importante quando l'assunzione di acqua è limitata e le perdite di acqua sono gravi.



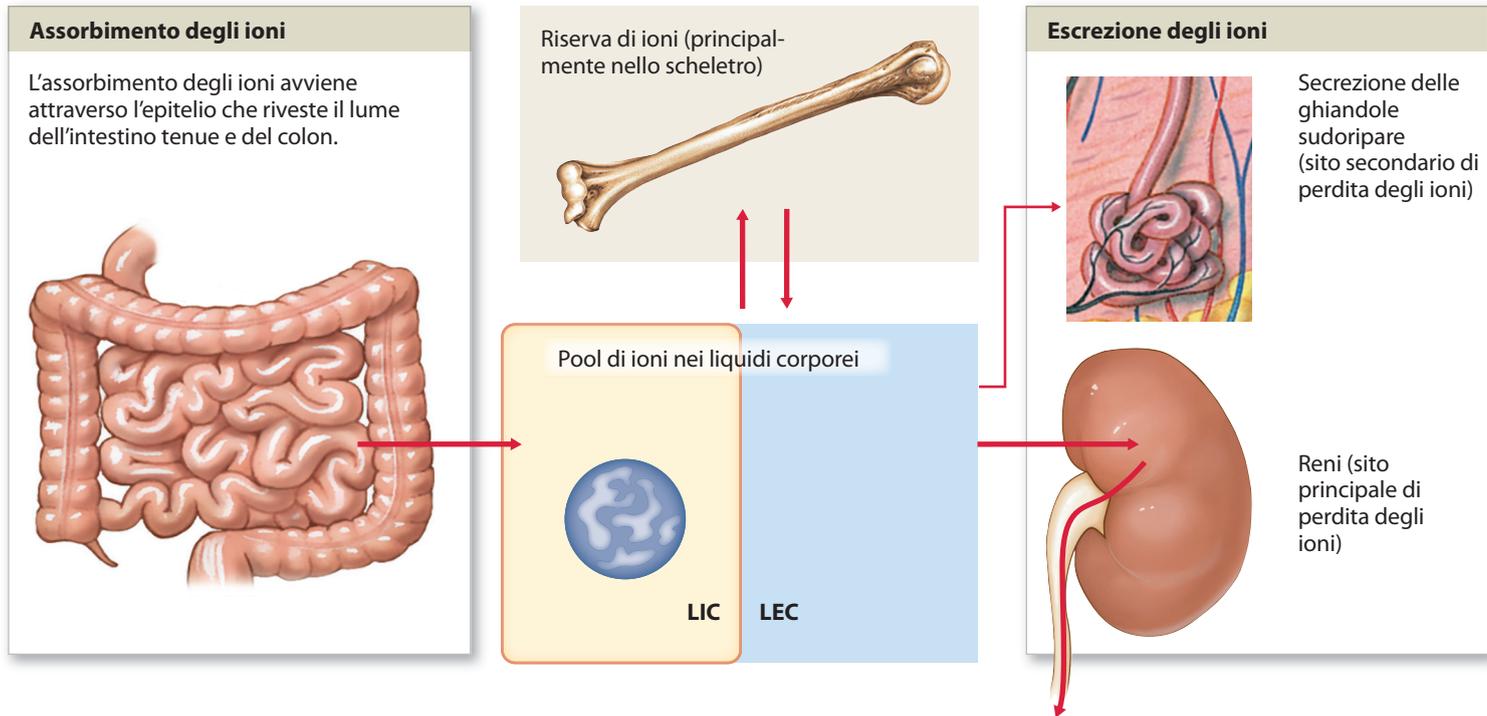
4 La **disidratazione** si sviluppa quando le perdite di acqua superano le entrate. Quando si perde acqua ma si conservano gli elettroliti, la concentrazione osmotica del LEC aumenta. La pressione osmotica fa quindi muovere l'acqua dal LIC al LEC finché le due soluzioni diventano isotoniche. A quel punto, sia il LIC che il LEC sono alquanto più concentrati rispetto al normale ed entrambi i volumi sono inferiori a prima della perdita di liquidi. Poiché il LIC è notevolmente superiore rispetto al LEC, esso rappresenta una riserva idrica efficace. Tuttavia, se lo squilibrio idrico continua in modo incontrollato, la perdita di acqua dal LIC produce grave sete, secchezza della pelle e formazione di rughe. Alla fine, la volemia e la pressione sanguigna possono diminuire fino a provocare uno shock circolatorio.

Verifica del modulo 25.2

- Identificare le modalità di perdita dei liquidi dall'organismo.
- Descrivere lo spostamento dei liquidi.
- Spiegare la disidratazione e i suoi effetti sulla concentrazione osmotica del sangue.

L'equilibrio dei minerali dipende dall'equilibrio tra introiti e perdite di elettroliti

1 L'equilibrio dei minerali dipende dal rapporto tra l'assorbimento degli ioni, che si verifica attraverso l'epitelio dell'intestino tenue e del colon, e l'escrezione degli ioni, che avviene principalmente nel rene. Le ghiandole sudoripare sono una potenziale fonte di perdita di acqua e minerali, ma la velocità di secrezione è estremamente variabile.



2 Questa tabella elenca i meccanismi coinvolti nell'assorbimento dei principali elettroliti lungo il canale alimentare.

Assorbimento dei minerali	
Elettroliti	Meccanismi
Na ⁺	Diffusione mediata da canali, cotrasporto o trasporto attivo
Ca ²⁺	Trasporto attivo
K ⁺	Diffusione mediata da canali
Mg ²⁺	Trasporto attivo
Fe ²⁺	Trasporto attivo
Cl ⁻	Diffusione mediata da canali o trasporto mediato da carrier
I ⁻	Diffusione mediata da canali o trasporto mediato da carrier
HCO ₃ ⁻	Diffusione mediata da canali o trasporto mediato da carrier
NO ₃ ⁻	Diffusione mediata da canali o trasporto mediato da carrier
PO ₄ ³⁻	Trasporto attivo
SO ₄ ²⁻	Trasporto attivo

3 Il corpo contiene notevoli riserve di minerali fondamentali. Questa tabella riassume le funzioni dei vari minerali e indica le vie principali di escrezione degli ioni. La quantità persa ogni giorno deve essere uguale alla quantità introdotta giornalmente per mantenere l'equilibrio dei minerali corporei.

Minerali e riserve di minerali				
Minerale	Funzioni	Contenuto totale nel corpo	Principale via di escrezione	Dose giornaliera raccomandata (RDA) (in mg)
Minerali fondamentali				
Sodio	Principale catione nei liquidi corporei; essenziale per la normale funzione delle membrane cellulari	110 g, principalmente nei liquidi corporei	Urina, sudore, feci	1500
Potassio	Principale catione nel citosol; essenziale per la normale funzione delle membrane cellulari	140 g, principalmente nel citosol	Urina	4700
Cloruro	Principale anione nei liquidi corporei; funziona formando HCl	89 g, principalmente nei liquidi corporei	Urina, sudore	2300
Calcio	Essenziale per la normale funzione di muscoli e neuroni e per la normale struttura ossea	1,36 kg, soprattutto nello scheletro	Urina, feci	1000–1200
Fosforo	Nei composti ad alta energia, negli acidi nucleici e nella matrice ossea (sotto forma di fosfato)	744 g, principalmente nello scheletro	Urina, feci	700
Magnesio	Cofattore di enzimi, richiesto per la normale funzione delle membrane	29 g (scheletro, 17 g; citosol e liquidi corporei, 12 g)	Urina	310–400
Minerali in tracce				
Ferro	Componente di emoglobina, mioglobina e citocromi	3,9 g (1,6 g immagazzinati come ferritina o emosiderina)	Urina (tracce)	8–18
Zinco	Cofattore di sistemi enzimatici, in particolare anidrasi carbonica	2 g	Urina, capelli (tracce)	8–11
Rame	Richiesto come cofattore per la sintesi di emoglobina	127 mg	Urina, feci (tracce)	0,9
Manganese	Cofattore per alcuni enzimi	11 mg	Feci, urina (tracce)	1,8–2,3
Cobalto	Cofattore per le transaminazioni; presente nella vitamina B ₁₂ (cobalamina)	1,1 g	Feci, urina	0,0001

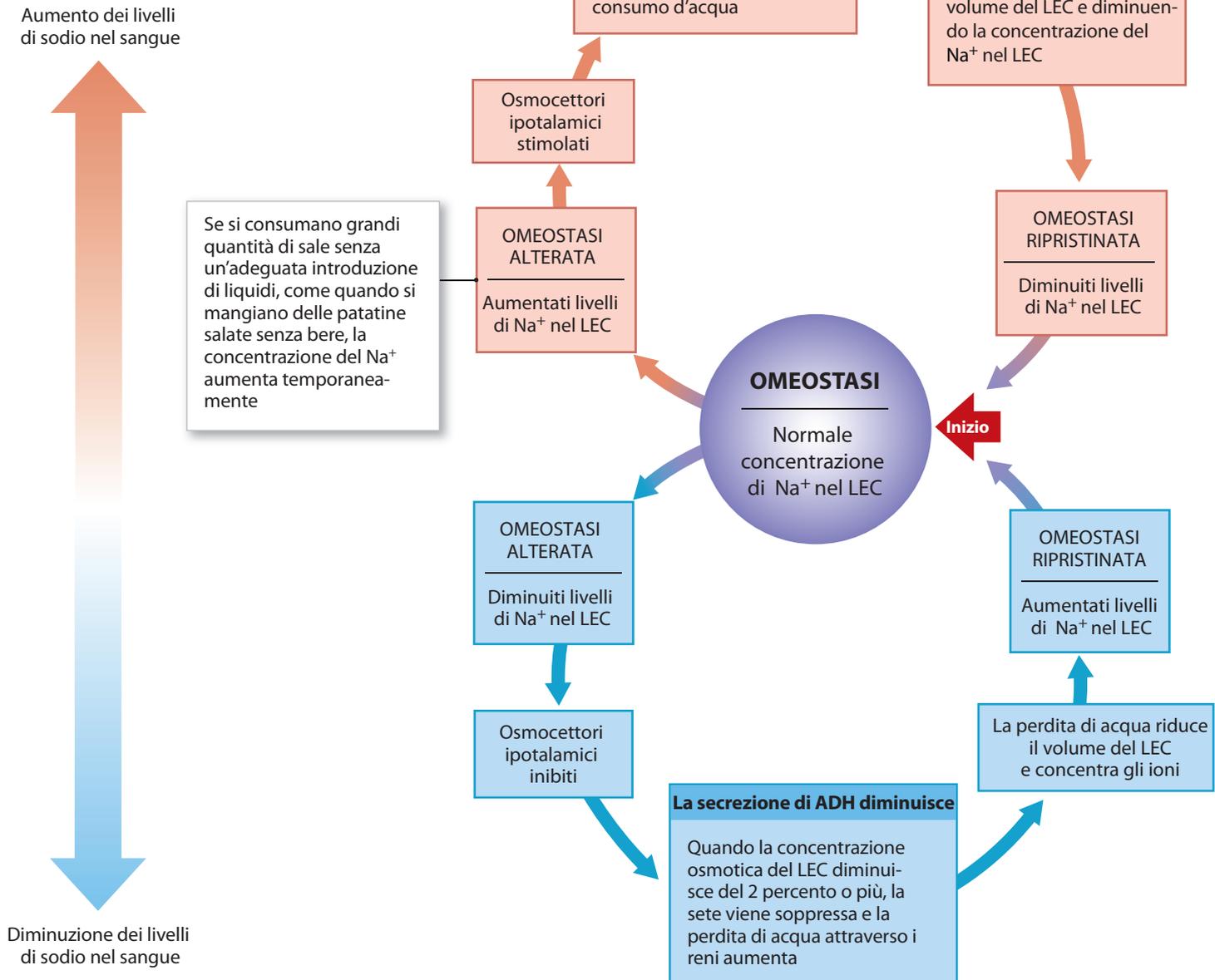
Verifica del modulo 25.3

- Definire l'equilibrio dei minerali.
- Indicare gli ioni assorbiti mediante trasporto attivo.
- Spiegare il ruolo di due importanti minerali corporei: sodio e calcio.

L'equilibrio idrico dipende dall'equilibrio del sodio e i due sono regolati simultaneamente

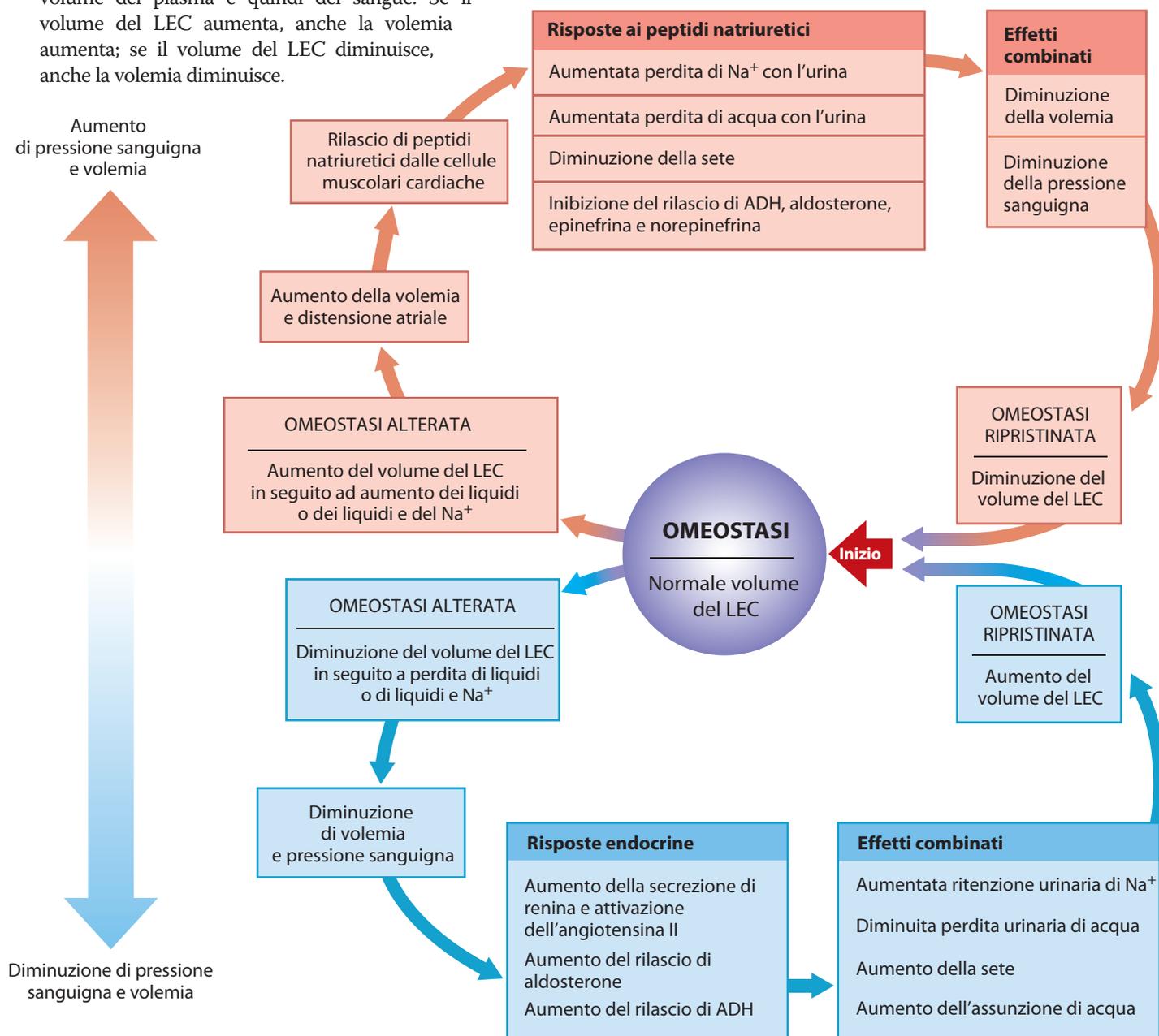
Risposta ai cambiamenti nei livelli di sodio

1 L'**equilibrio del sodio** esiste quando le quantità di sodio in entrata sono uguali a quelle in uscita. Il meccanismo di regolazione cambia il volume del LEC, ma mantiene la concentrazione di Na^+ relativamente stabile. Quando le quantità di sodio in entrata superano le perdite, il volume del LEC aumenta; quando le perdite superano le entrate, il volume del LEC diminuisce. Le variazioni di volume del LEC avvengono senza un significativo cambiamento nella sua concentrazione osmotica. Queste regolazioni provocano piccoli cambiamenti nel volume del LEC, tali da non causare effetti fisiologici avversi.



Risposta ai cambiamenti di volume del LEC

2 Se i cambiamenti del volume del LEC causati da alterazioni nell'equilibrio del sodio sono cospicui, vengono attivati i meccanismi omeostatici responsabili della regolazione di pressione sanguigna e volemia. Quando il volume del LEC cambia, cambia anche il volume del plasma e quindi del sangue. Se il volume del LEC aumenta, anche la volemia aumenta; se il volume del LEC diminuisce, anche la volemia diminuisce.



La concentrazione di Na^+ nel LEC subisce forti variazioni solo quando si verificano gravi problemi nell'equilibrio dei liquidi. Se la concentrazione di Na^+ nel LEC scende al di sotto di 136 mEq/L , si instaura uno stato di **iponatriemia** (*natrium*, sodio); questo può essere causato da un'eccessiva assunzione di acqua (iperidratazione) o da un'assunzione insufficiente di sale. Quando il contenuto di acqua del corpo diminuisce, aumenta la concentrazione Na^+ ; quando la concentrazione di sodio supera i 145 mEq/L , si ha **ipernatriemia**, la cui causa più comune è la disidratazione. Entrambe le condizioni sono gravi e potenzialmente pericolose per la vita.

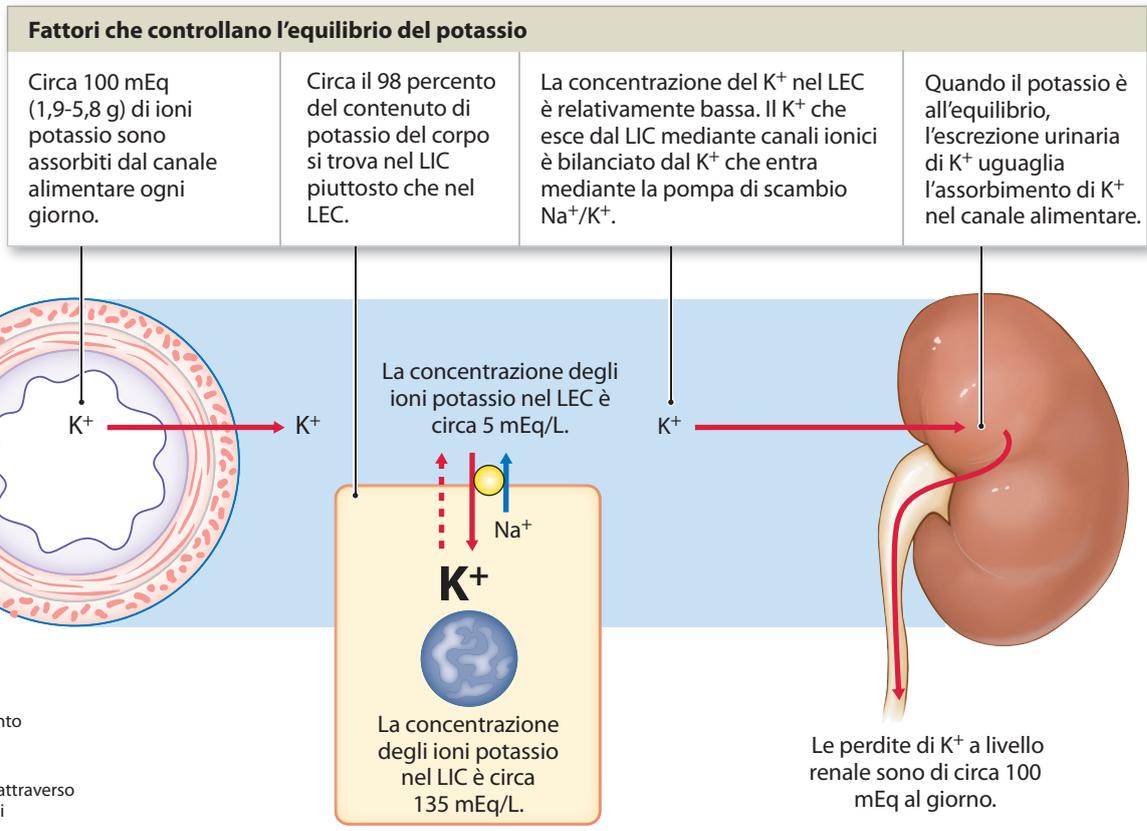
Verifica del modulo 25.4

- Quale effetto esercita l'inibizione degli osmocettori sulla secrezione di ADH e la sensazione di sete?
- Quale effetto produce l'aldosterone sulla concentrazione di ioni sodio nel LEC?
- Riassumere brevemente la relazione tra concentrazione di ioni sodio e LEC.

QA 25.4 Riassumere la relazione tra sodio e acqua nel mantenimento dell'equilibrio dei liquidi e degli elettroliti.

Alterazioni dell'equilibrio del potassio sono rare ma estremamente pericolose

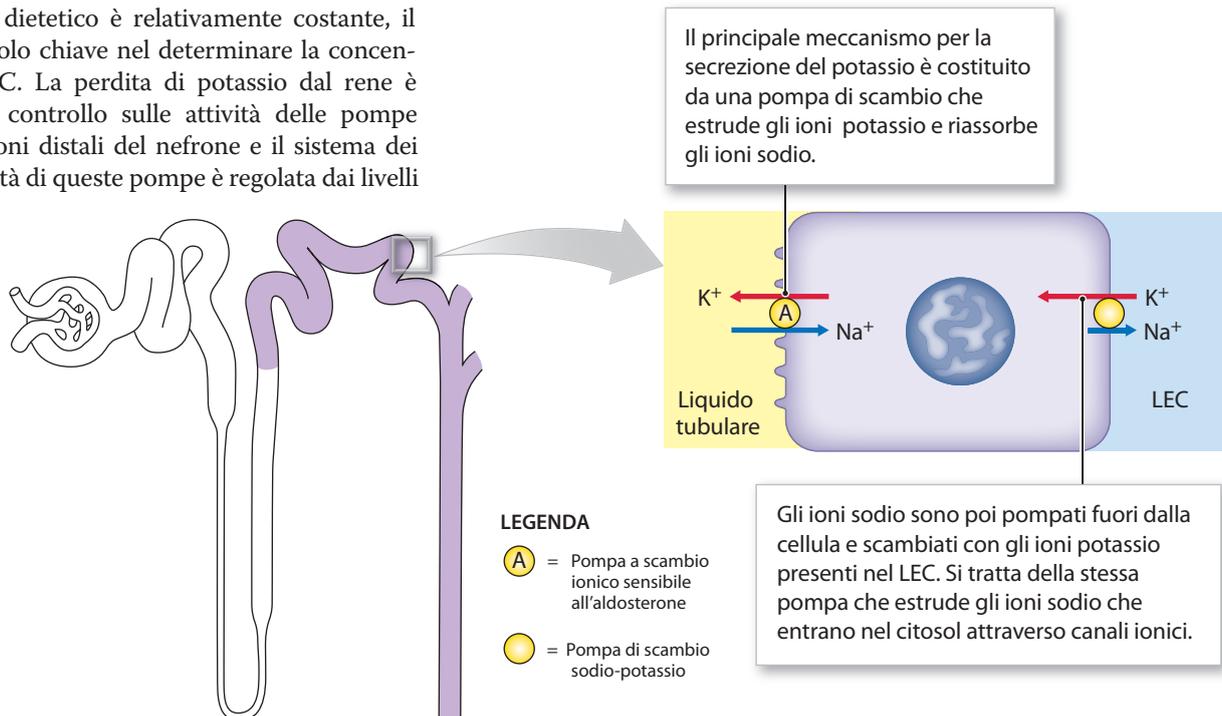
1 Questa figura schematica indica i principali fattori coinvolti nell'equilibrio del potassio. I fattori chiave nel mantenere l'**equilibrio del potassio** sono (1) il tasso di ingresso del K^+ attraverso l'epitelio del canale alimentare e (2) il tasso di perdita del K^+ con l'urina.



LEGENDA

- = Assorbimento
- = Secrezione
- - - = Diffusione attraverso canali ionici

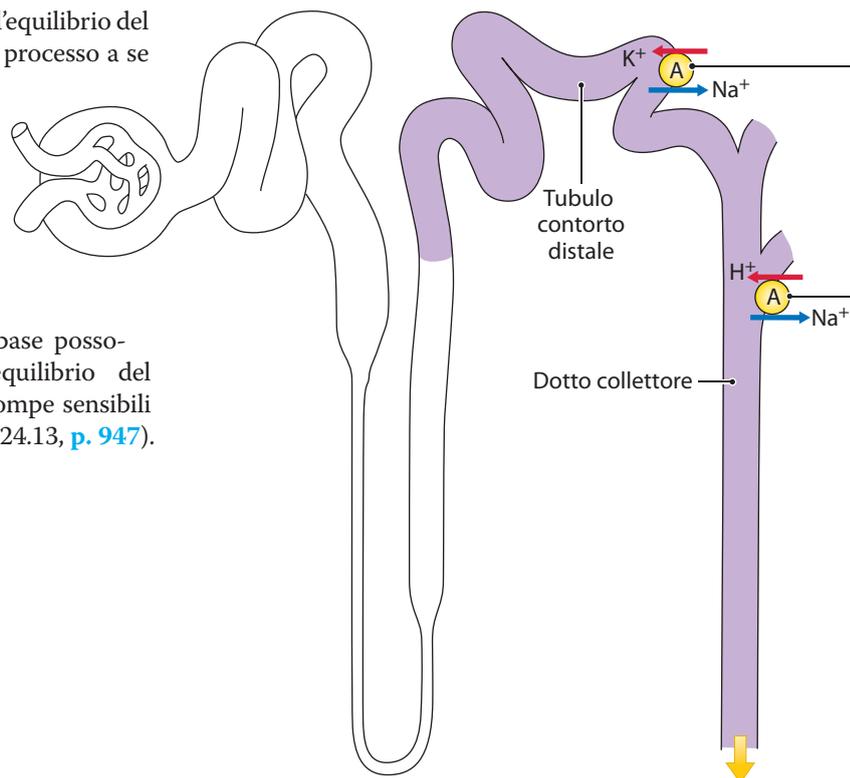
2 Poiché l'apporto dietetico è relativamente costante, il rene gioca un ruolo chiave nel determinare la concentrazione di K^+ nel LEC. La perdita di potassio dal rene è regolata mediante un controllo sulle attività delle pompe ioniche lungo le porzioni distali del nefrone e il sistema dei tubuli collettori. L'attività di queste pompe è regolata dai livelli di aldosterone circolante. L'aldosterone stimola il riassorbimento del Na^+ e contemporaneamente accelera l'escrezione di K^+ (Modulo 24.10, p. 941).



LEGENDA

- A = Pompa a scambio ionico sensibile all'aldosterone
- = Pompa di scambio sodio-potassio

3 La regolazione dell'equilibrio del potassio non è un processo a se stante. Per esempio, la secrezione di aldosterone aumenta in risposta a elevate concentrazioni ematiche di K^+ o a diminuiti livelli di Na^+ nel LEC. Comunque, alterazioni nell'equilibrio acido-base possono compromettere l'equilibrio del potassio agendo sulle pompe sensibili all'aldosterone (Modulo 24.13, p. 947).



In condizioni normali, le pompe sensibili all'aldosterone scambiano K^+ nel LEC con Na^+ nel liquido tubulare. Il risultato netto che si ottiene è un aumento dei livelli ematici di sodio e un'augmentata perdita di K^+ nell'urina.

Quando il pH diminuisce nel LEC e la concentrazione di H^+ è relativamente alta, la pompa di scambio lega ioni H^+ invece di ioni K^+ . Questo aiuta a stabilizzare il pH del LEC, ma a costo di aumentare i livelli di K^+ nel LEC.

4 La figura schematica che segue indica i principali fattori coinvolti nella disregolazione dell'equilibrio del potassio. Il range di concentrazione del K^+ nel LEC è di 3,5-5,0 mEq/L. Variazioni al di fuori di tale intervallo sono insolite e potenzialmente pericolose.

Quando la concentrazione del potassio nel sangue scende sotto 2 mEq/L, si sviluppa una estesa debolezza muscolare, seguita da eventuale paralisi. Questa condizione, chiamata **ipokaliemia** grave (*kalium*, potassio), è potenzialmente letale a causa dei suoi effetti sul cuore.

Livelli normali di potassio nel sangue (3,5-5,0 mEq/L)

Alte concentrazioni di K^+ nel sangue producono una condizione ugualmente pericolosa nota come **iperkaliemia**. Iperkaliemia grave si verifica quando la concentrazione di K^+ supera i 7 mEq/L, portando ad aritmie cardiache.

Fattori che promuovono l'ipokaliemia

Diversi diuretici sono in grado di produrre ipokaliemia aumentando il volume di urina prodotta.

La malattia endocrina chiamata **iperaldosteronismo**, caratterizzata da eccessiva secrezione di aldosterone, produce ipokaliemia per una iperstimolazione della ritenzione di sodio e della perdita di potassio.

Fattori che promuovono l'iperkaliemia

Un pH del sangue cronicamente basso promuove iperkaliemia interferendo con l'escrezione di K^+ dal rene.

L'insufficienza renale dovuta a danni o malattie impedisce la normale secrezione di K^+ e quindi produce iperkaliemia.

Diversi farmaci promuovono la minzione bloccando il riassorbimento del Na^+ dal rene. Quando il riassorbimento del sodio rallenta, rallenta anche la secrezione di potassio e ne può risultare iperkaliemia.

Il trattamento dell'ipokaliemia include generalmente un aumento dell'assunzione di potassio con la dieta, salando i cibi con sali di potassio (KCl), o mediante assunzione di compresse di potassio, come lo Slow-K (K a lento rilascio). Il trattamento dell'iperkaliemia in genere include una diluizione del LEC con una soluzione a basso contenuto di K^+ , stimolando la perdita di K^+ con le urine mediante diuretici come il *Lasix*, regolando il pH del LEC e operando una restrizione nell'assunzione del K^+ . Nei casi derivanti da insufficienza renale, potrebbe essere necessaria la dialisi renale.

Verifica del modulo 25.5

- Quali organi sono principalmente responsabili della regolazione della concentrazione degli ioni K^+ nel LEC?
- Identificare i fattori che causano l'escrezione del K^+ .
- Definire l'ipokaliemia e l'iperkaliemia.

QA 25.5 Spiegare quali sono i fattori che controllano l'equilibrio del potassio e discutere ipokaliemia e iperkaliemia.

Collegare

Collegare ciascun termine alla descrizione più appropriata.

- | | | |
|----------------------------------|-----------|---|
| a. Reni | 1 | Monitorano la concentrazione osmotica del sangue |
| b. Potassio | 2 | Introito d'acqua = perdita d'acqua |
| c. Compartimenti dei liquidi | 3 | Componenti principali del LEC |
| d. Equilibrio dei liquidi | 4 | Catione predominante nel LEC |
| e. Plasma ipertonico | 5 | Ormone che limita la perdita d'acqua e stimola la sete |
| f. Disidratazione | 6 | Causata da iperidratazione |
| g. Aldosterone | 7 | Catione predominante nel LIC |
| h. Plasma, liquido interstiziale | 8 | LIC e LEC |
| i. Osmocettori | 9 | Siti più importanti per la regolazione dello ione sodio |
| j. Spostamento dei liquidi | 10 | Movimento di acqua tra LEC e LIC |
| k. Ipokaliemia | 11 | L'acqua passa dalle cellule al LEC |
| l. ADH | 12 | A seguito di iperaldosteronismo |
| m. Iponatriemia | 13 | Perdite di acqua maggiori delle entrate |
| n. Sodio | 14 | Regola l'assorbimento degli ioni sodio lungo il tubulo contorto distale e il sistema collettore |

1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____
9	_____
10	_____
11	_____
12	_____
13	_____
14	_____

Scelta multipla

Selezionare la risposta corretta tra quelle elencate.

- | | |
|---|---|
| <p>15 Circa 2/3 del contenuto totale di acqua è a livello di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) liquido extracellulare (LEC) <input type="checkbox"/> b) liquido intracellulare (LIC) <input type="checkbox"/> c) liquido tissutale <input type="checkbox"/> d) liquido interstiziale <p>16 L'equilibrio elettrolitico implica un bilanciamento tra la velocità di assorbimento attraverso l'apparato digerente e le perdite a livello di:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) cuore e polmoni <input type="checkbox"/> b) stomaco e fegato <input type="checkbox"/> c) reni e ghiandole sudoripare <input type="checkbox"/> d) pancreas e cistifellea <p>17 Se il LEC è ipertonico rispetto al LIC, l'acqua si sposta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) dal LEC nelle cellule finché l'equilibrio osmotico sarà ripristinato <input type="checkbox"/> b) dalle cellule nel LEC finché l'equilibrio osmotico sarà ripristinato <input type="checkbox"/> c) in entrambe le direzioni finché l'equilibrio osmotico sarà ripristinato <input type="checkbox"/> d) in risposta alla pompa sodio-potassio | <p>18 Quando viene consumata acqua pura, il LEC:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) diventa ipotonico rispetto al LIC <input type="checkbox"/> b) diventa ipertonico rispetto al LIC <input type="checkbox"/> c) diventa isotonico rispetto al LIC <input type="checkbox"/> d) presenta una maggiore concentrazione di elettroliti <p>19 Aggiustamenti fisiologici che influenzano l'equilibrio idro-elettrolitico sono mediati principalmente da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) ormone antidiuretico <input type="checkbox"/> b) aldosterone <input type="checkbox"/> c) peptidi natriuretici <input type="checkbox"/> d) tutte le risposte <p>20 Quando l'acqua viene persa ma gli elettroliti vengono conservati, l'osmolarità del LEC aumenta e l'osmosi quindi sposta l'acqua:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> a) dal LEC nel LIC <input type="checkbox"/> b) avanti e indietro tra LIC e LEC <input type="checkbox"/> c) dal LIC nel LEC <input type="checkbox"/> d) nessuna delle risposte |
|---|---|

Integrazione alla sezione

Malia, una studentessa di infermieristica, si occupa dei pazienti ustionati. Si accorge che hanno costantemente elevati livelli di potassio nelle urine e si chiede perché. Cosa bisognerebbe risponderle?

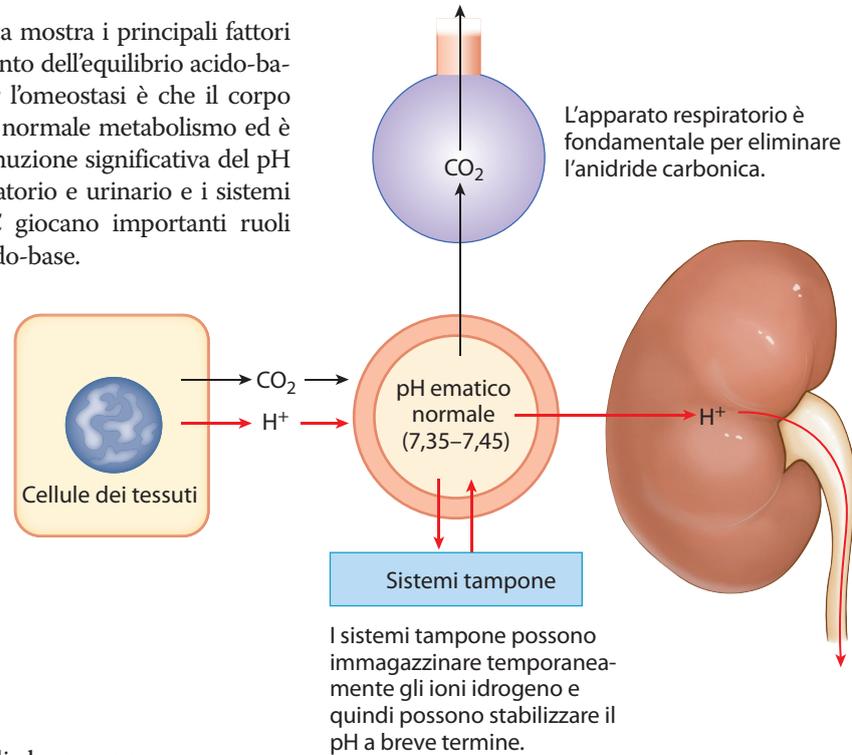
21 _____

Ci sono tre classi di acidi nel corpo

Il corpo si trova in **equilibrio acido-base** quando la produzione di ioni idrogeno è esattamente compensata dalla loro perdita e quando il pH dei liquidi corporei rimane entro limiti normali.

1 Questa figura schematica mostra i principali fattori coinvolti nel mantenimento dell'equilibrio acido-base. Il principale problema per l'omeostasi è che il corpo genera diversi acidi durante il normale metabolismo ed è necessario impedire una diminuzione significativa del pH dei liquidi. Gli apparati respiratorio e urinario e i sistemi tampone nel LIC e nel LEC giocano importanti ruoli omeostatici per l'equilibrio acido-base.

I tessuti attivi generano continuamente anidride carbonica (CO_2), che in soluzione forma acido carbonico (H_2CO_3), che si dissocia immediatamente in uno ione idrogeno e uno ione bicarbonato ($\text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$). Ulteriori acidi, come l'acido lattico, vengono prodotti nel corso dei normali processi metabolici.



2 Ci sono tre classi di acidi che possono alterare l'equilibrio del pH.

Classi di acidi

Acidi fissi

Gli **acidi fissi** sono acidi che rimangono in soluzione; una volta prodotti, rimangono nei liquidi corporei fino a che vengono eliminati dai reni. Acido solforico e acido fosforico sono i più importanti acidi fissi del corpo. Essi sono generati in piccola quantità durante il catabolismo degli amminoacidi e dei composti che contengono gruppi fosfato, tra cui fosfolipidi e acidi nucleici.

Acidi organici

Gli **acidi organici** sono acidi che partecipano o sono prodotti dal metabolismo cellulare. Importanti acidi organici sono l'acido lattico (prodotto dal metabolismo anaerobico del piruvato) e i corpi chetonici (sintetizzati dall'acetil-CoA). In condizioni normali, la maggior parte degli acidi organici è metabolizzata rapidamente, così non si verificano accumuli significativi.

Acidi volatili

Gli **acidi volatili** possono lasciare il corpo a livello dei polmoni, mediante gli atti respiratori. L'acido carbonico (H_2CO_3) è un acido volatile che si forma dall'interazione tra acqua e anidride carbonica.

Verifica del modulo 25.6

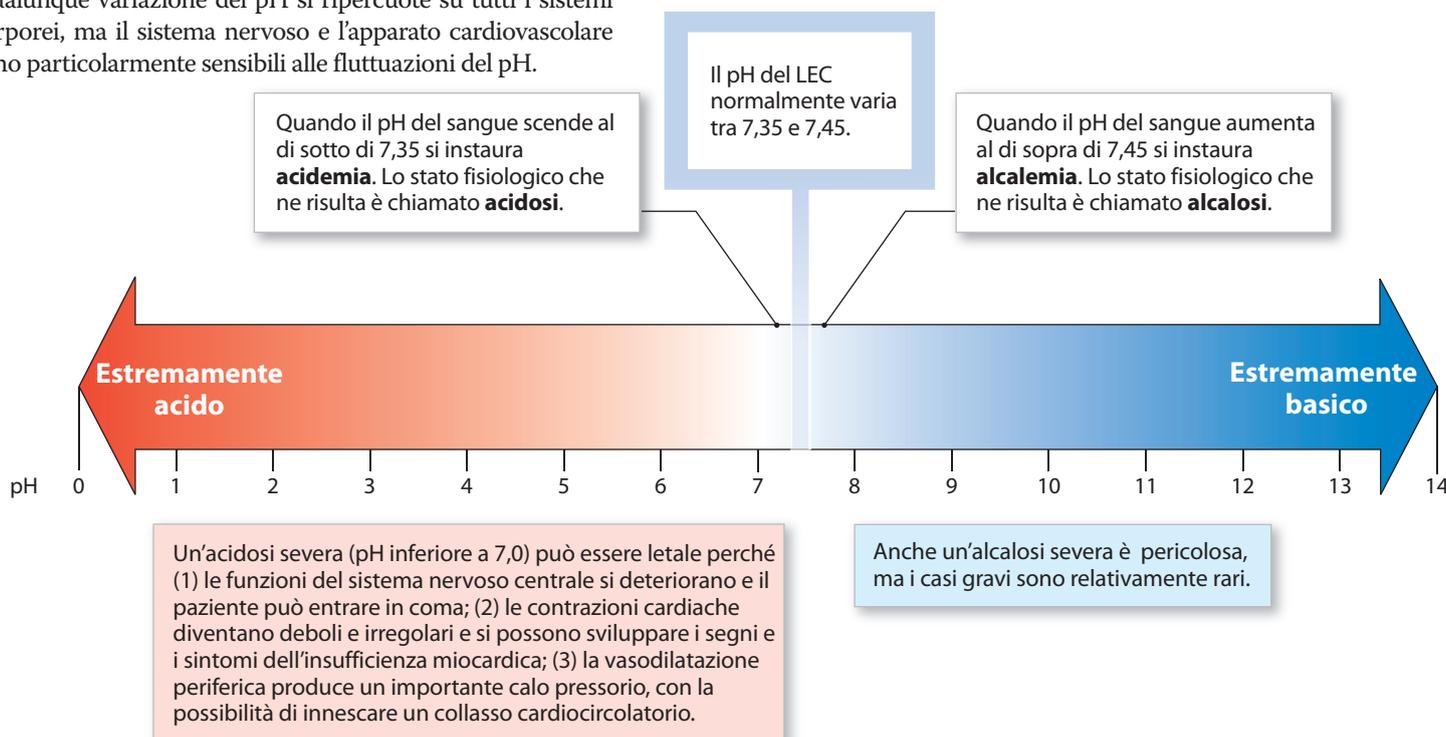
- Quando è che il corpo si trova in equilibrio acido-base?
- Qual è il principale problema per l'omeostasi acido-base?
- Elencare le tre classi di acidi che possono alterare il pH.

Alterazioni potenzialmente pericolose dell'equilibrio acido-base sono contrastate da sistemi tampone

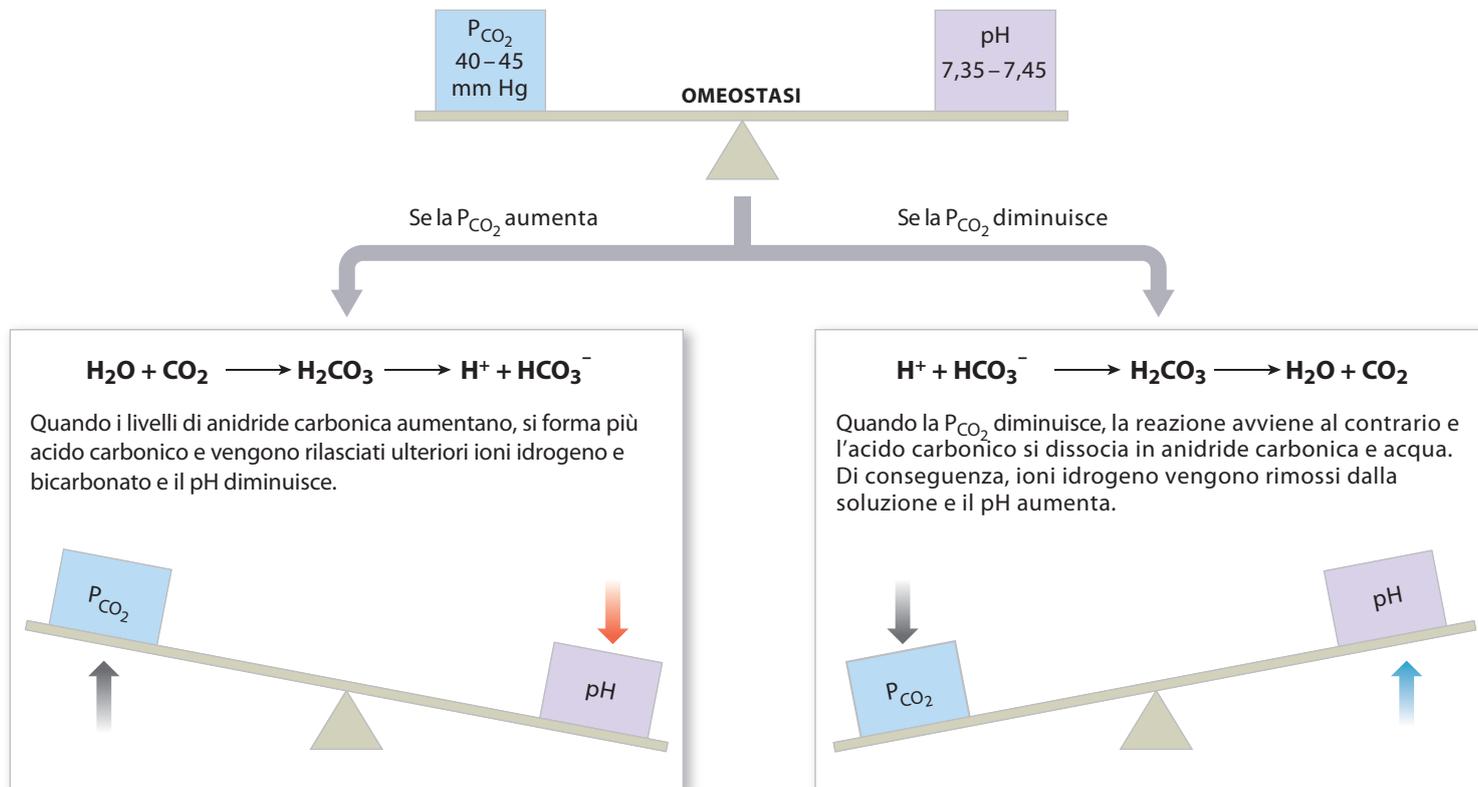
1 Gli argomenti relativi a pH, caratteristiche chimiche di acidi e basi e sistemi tampone sono stati trattati nel Modulo 2.12 (p. 64). Questa tabella riassume i termini chiave che saranno impiegati nella discussione seguente.

Termini utilizzati per descrivere l'equilibrio acido-base	
pH	Esponente negativo (logaritmo negativo) della concentrazione di ioni idrogeno [H ⁺] in soluzione
Neutra	Una soluzione con pH uguale a 7; la soluzione contiene un numero uguale di ioni idrogeno (H ⁺) e ioni idrossido (OH ⁻)
Acida	Una soluzione con pH inferiore a 7; in questa soluzione prevalgono gli ioni idrogeno
Basica (alcalina)	Una soluzione con pH superiore a 7; in questa soluzione prevalgono gli ioni idrossido
Acido	Una sostanza che dissociandosi rilascia ioni idrogeno, facendo diminuire il pH
Base	Una sostanza che dissociandosi rilascia ioni idrossido o cattura ioni idrogeno, facendo aumentare il pH
Sale	Un composto ionico formato da un catione diverso dall'idrogeno e da un anione diverso dall'idrossido
Tampone	Una sostanza che tende ad opporsi ai cambiamenti di pH rimuovendo o rimpiazzando gli ioni idrogeno; nei liquidi corporei i sistemi tampone mantengono il pH del sangue entro i limiti della norma (7,35-7,45)

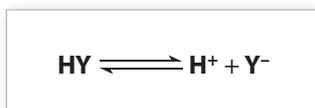
2 Il pH del LEC normalmente rimane entro limiti relativamente ristretti, di solito tra 7,35 e 7,45. Qualunque deviazione dalla norma è estremamente pericolosa, in quanto variazioni nella concentrazione di ioni H⁺ distruggono la stabilità delle membrane plasmatiche, alterano la struttura delle proteine e cambiano l'attività di enzimi importanti. Non è possibile sopravvivere a lungo con un pH del LEC inferiore a 6,8 o superiore a 7,7. In pratica, si osservano più comunemente diminuzioni del pH rispetto ad aumenti, in quanto diversi acidi, tra cui l'acido carbonico, sono generati durante il normale metabolismo cellulare. Qualunque variazione del pH si ripercuote su tutti i sistemi corporei, ma il sistema nervoso e l'apparato cardiovascolare sono particolarmente sensibili alle fluttuazioni del pH.



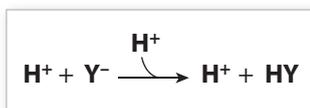
3 La pressione parziale di anidride carbonica (P_{CO_2}) nel sangue è il fattore più importante capace di alterare il pH dei tessuti corporei, in quanto l'anidride carbonica si combina con l'acqua per formare **acido carbonico** (H_2CO_3). Poiché la maggior parte dell'anidride carbonica in soluzione viene convertita in acido carbonico dall'anidrasi carbonica e la maggior parte dell'acido carbonico si dissocia in ioni idrogeno e ioni bicarbonato, vi è una relazione inversa tra la P_{CO_2} e il pH.



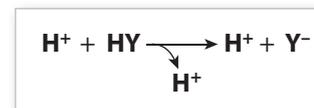
4 Un **sistema tampone** nei liquidi corporei generalmente consiste in una combinazione di un acido debole (HY) e di un anione (Y^-) rilasciato dalla sua dissociazione. L'anione funziona come una base debole. In soluzione, le molecole dell'acido debole sono in equilibrio con i suoi prodotti di dissociazione. Da un punto di vista chimico, questa relazione è rappresentata come:



L'aggiunta di ioni H^+ alla soluzione altera l'equilibrio e provoca la formazione di ulteriori molecole di acido debole.



Anche la rimozione di ioni H^+ dalla soluzione altera l'equilibrio e provoca la dissociazione di altre molecole di HY , con rilascio di ioni H^+ .

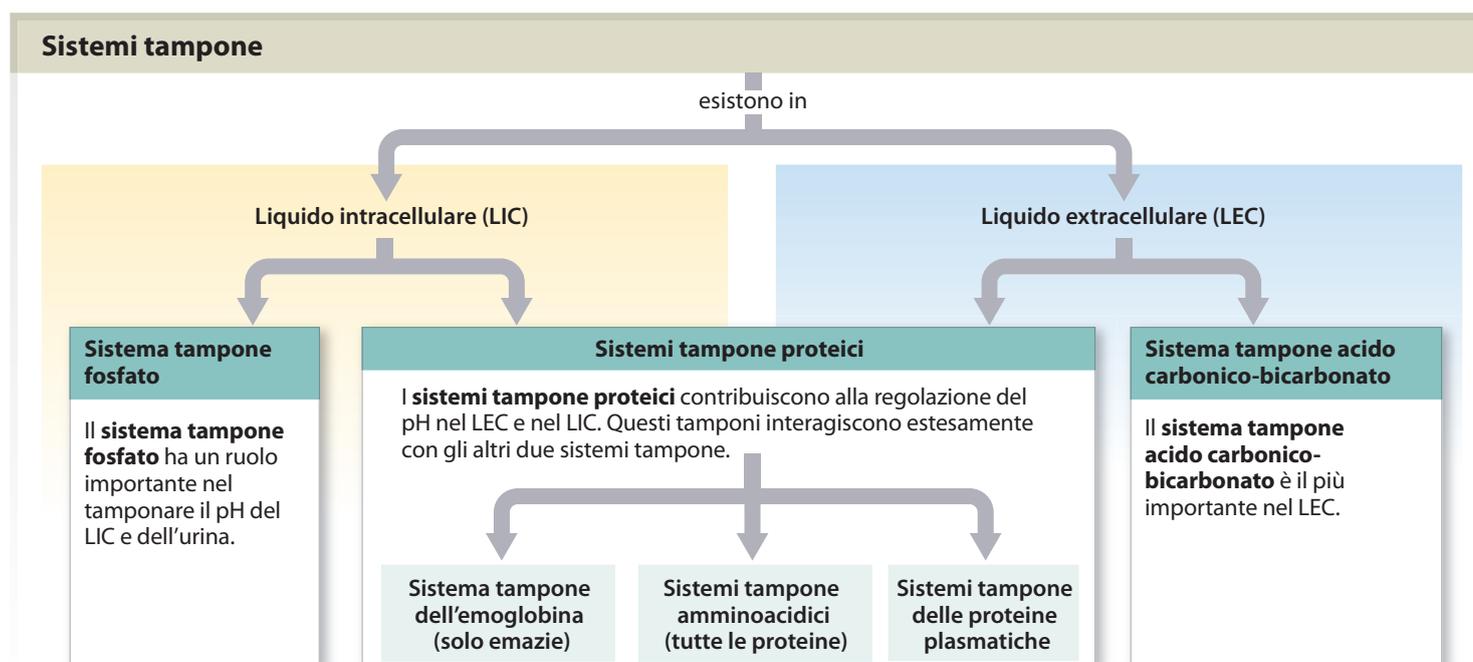


Verifica del modulo 25.7

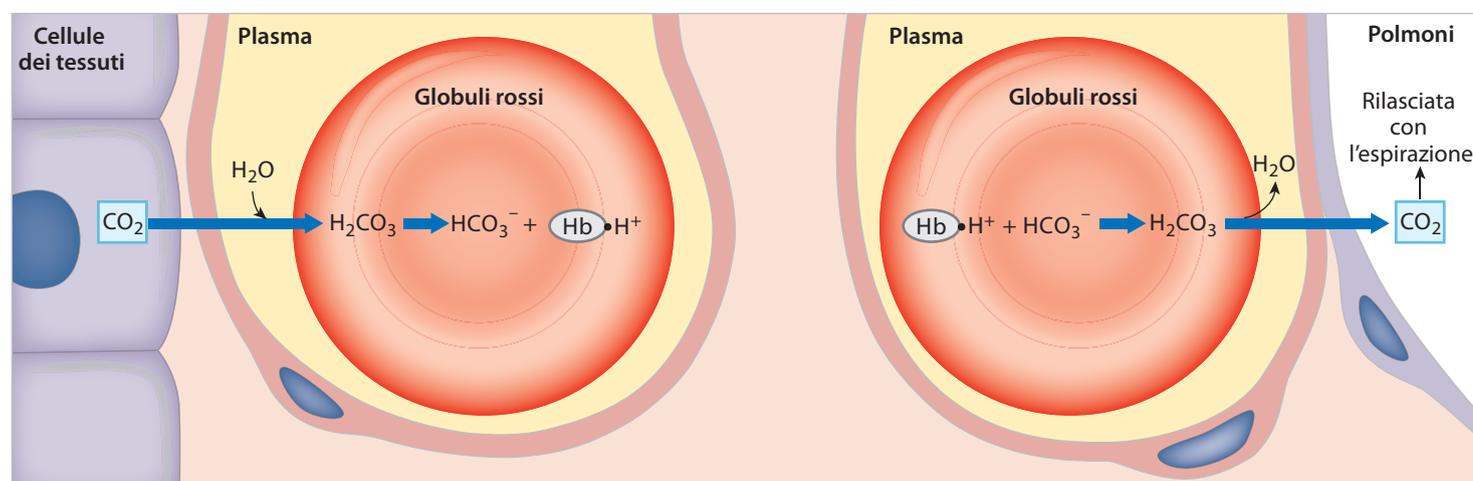
- a. Definire acidemia e alcalemia.
- b. Quale composto intermedio formato da acqua e anidride carbonica influenza direttamente il pH del LEC?
- c. Definire la relazione tra P_{CO_2} e pH.

I sistemi tampone possono ritardare ma non evitare variazioni di pH nel LIC e nel LEC

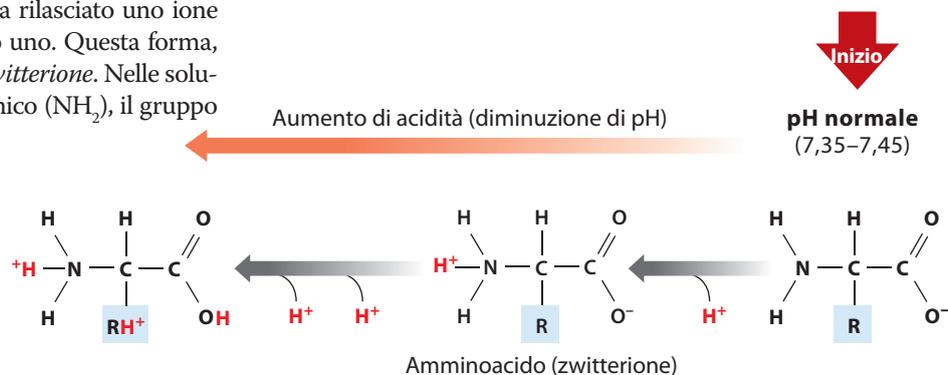
1 Il corpo ha tre principali sistemi tampone, ciascuno con caratteristiche e distribuzione leggermente diverse. Anche se i sistemi tampone possono legare gli ioni H^+ in eccesso, forniscono solo una soluzione temporanea per lo squilibrio acido-base. Gli ioni idrogeno non sono eliminati, ma semplicemente resi innocui (neutralizzati). Nel processo viene legata una molecola di tampone e la quantità di molecole tampone è limitata.



2 Il sistema tampone dell'emoglobina è l'unico sistema tampone intracellulare che può avere un effetto immediato sul pH dei liquidi corporei. Nei tessuti, i globuli rossi assorbono l'anidride carbonica dal plasma e la convertono in acido carbonico. Quando l'acido carbonico si dissocia, gli ioni idrogeno vengono tamponati dall'emoglobina. Nei polmoni, l'intera sequenza di reazioni procede in senso contrario e la CO_2 diffonde negli alveoli per l'espirazione (Modulo 21.14, p. 812).



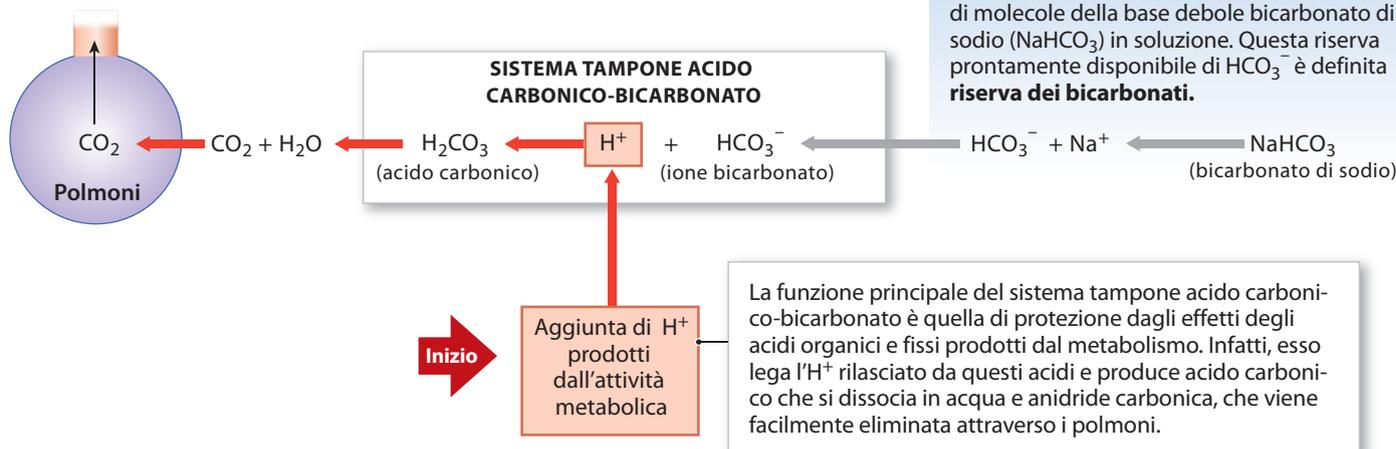
3 I sistemi tampone proteici impediscono cambiamenti significativi del pH, di solito legando gli ioni idrogeno (H^+) in eccesso. Questi tamponi dipendono dalla capacità degli amminoacidi di rispondere alle variazioni di pH, accettando o rilasciando H^+ . Ogni amminoacido ha un pH specifico (normalmente inferiore a 7) in cui il gruppo carbossilico ha rilasciato uno ione idrogeno e il gruppo amminico ne ha legato uno. Questa forma, che non ha carica ionica netta, è chiamata *zwitterione*. Nelle soluzioni con pH superiore a 7, il gruppo amminico (NH_2), il gruppo carbossilato (COO^-) e il gruppo laterale (R) della maggior parte degli amminoacidi liberi possono agire come tampone. Il meccanismo implicato è indicato qui. Tuttavia, in una proteina, la maggior parte dei gruppi carbossilato e amminici della catena principale è impegnata in legami peptidici. Solo il gruppo amminico e il gruppo carbossilato situati alle due estremità della catena proteica sono disponibili per esplicare un'attività tampone. Così, la maggior parte delle capacità tampone delle proteine è fornita dai gruppi R degli amminoacidi.



Se il pH diminuisce, il gruppo carbossilato (COO^-) e il gruppo amminico ($-NH_2$) di un amminoacido possono fungere da basi deboli e accettare ioni idrogeno aggiuntivi, formando rispettivamente un gruppo carbossilico ($-COOH$) e uno ione amminico ($-NH_3^+$). Anche molti dei gruppi R possono accettare ioni idrogeno, formando RH^+ .

Al pH normale dei liquidi corporei (7,35-7,45), né i gruppi carbossilato (COO^-) né i gruppi amminici ($-NH_2$) della maggior parte degli amminoacidi sono legati a ioni idrogeno.

4 Il sistema tampone acido carbonico-bicarbonato coinvolge reazioni liberamente reversibili. Un cambiamento nella concentrazione di qualsiasi componente influenza le concentrazioni di tutti gli altri componenti e modifica la direzione delle reazioni in corso.



RISERVA DEI BICARBONATI

I liquidi corporei contengono una grande riserva di HCO_3^- , principalmente sotto forma di molecole della base debole bicarbonato di sodio ($NaHCO_3$) in soluzione. Questa riserva prontamente disponibile di HCO_3^- è definita **riserva dei bicarbonati**.

La funzione principale del sistema tampone acido carbonico-bicarbonato è quella di protezione dagli effetti degli acidi organici e fissi prodotti dal metabolismo. Infatti, esso lega l' H^+ rilasciato da questi acidi e produce acido carbonico che si dissocia in acqua e anidride carbonica, che viene facilmente eliminata attraverso i polmoni.

Squilibri acido-base metabolici derivano dalla produzione o dalla perdita di quantità eccessive di acidi fissi o organici. Il ruolo primario del sistema tampone acido carbonico-bicarbonato è quello di proteggere da tali alterazioni. **Squilibri acido-base respiratori** derivano da uno squilibrio tra la velocità di generazione di CO_2 e la velocità di eliminazione della CO_2 dai polmoni. Il sistema tampone acido carbonico-bicarbonato non può proteggere dalle patologie respiratorie; gli squilibri devono essere corretti da cambiamenti nella profondità e nella frequenza del respiro.

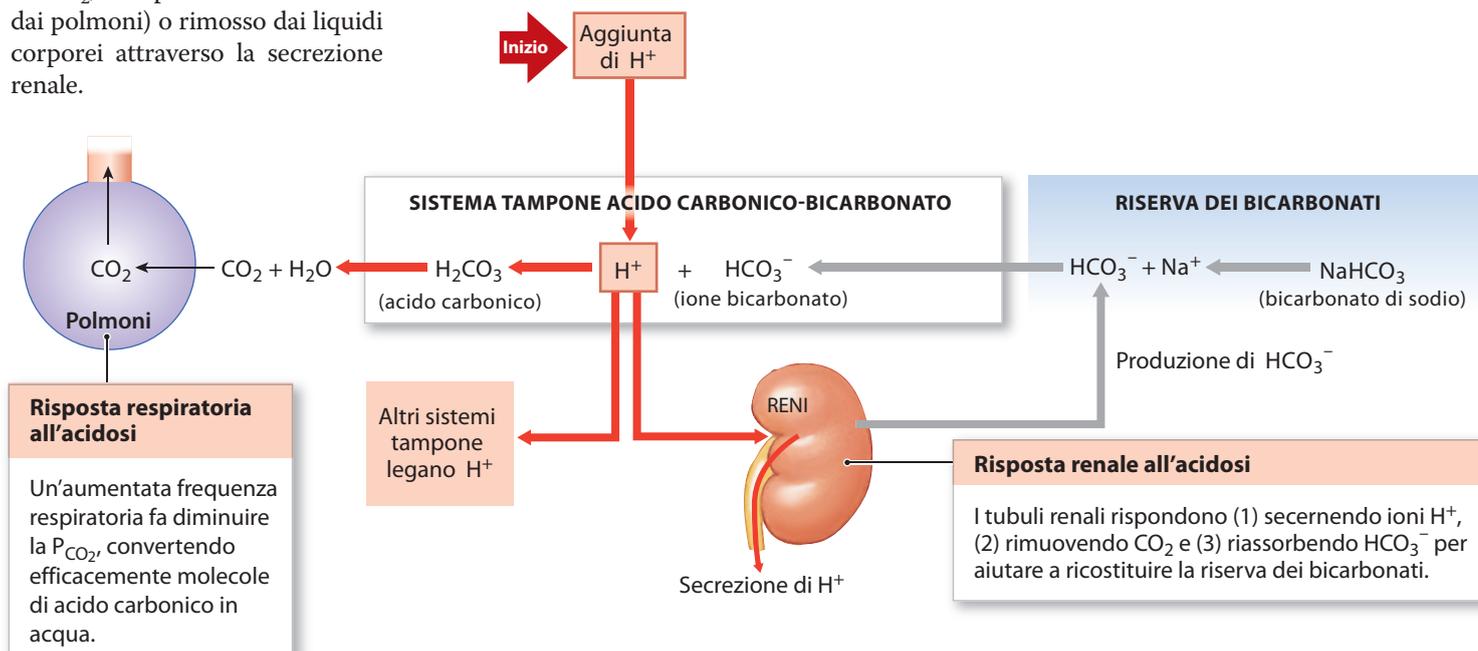
Verifica del modulo 25.8

- Identificare i tre principali sistemi tampone del corpo.
- Quali liquidi sono tamponati dal sistema del tampone fosfato?
- Descrivere il sistema tampone acido carbonico-bicarbonato.

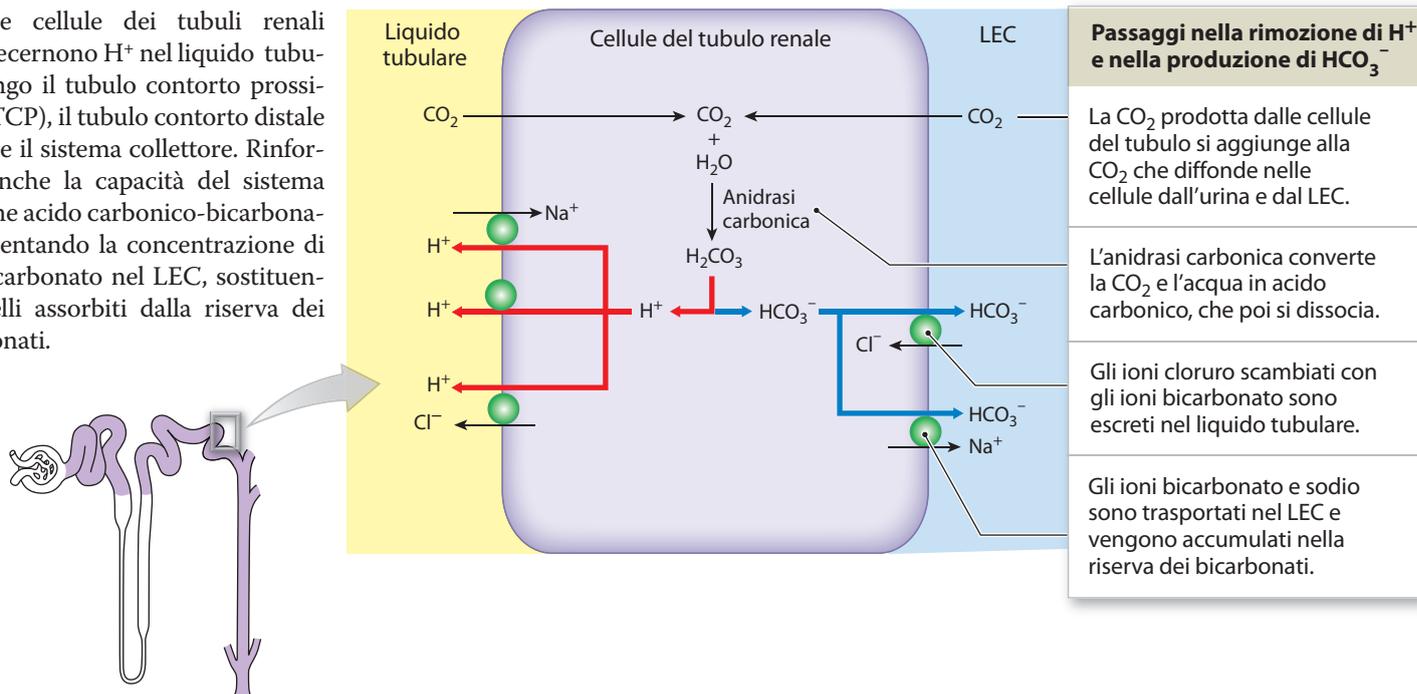
Le risposte omeostatiche ad acidosi e alcalosi metaboliche coinvolgono meccanismi respiratori e renali e sistemi tampone

Risposte all'acidosi metabolica

1 L'**acidosi metabolica** si sviluppa quando un gran numero di ioni idrogeno viene rilasciato da acidi organici o fissi e il pH diminuisce. Per mantenere l'omeostasi, l'eccesso di H^+ deve essere legato permanentemente attraverso la formazione di acqua (legata alla formazione di CO_2 , che può essere eliminata dai polmoni) o rimosso dai liquidi corporei attraverso la secrezione renale.

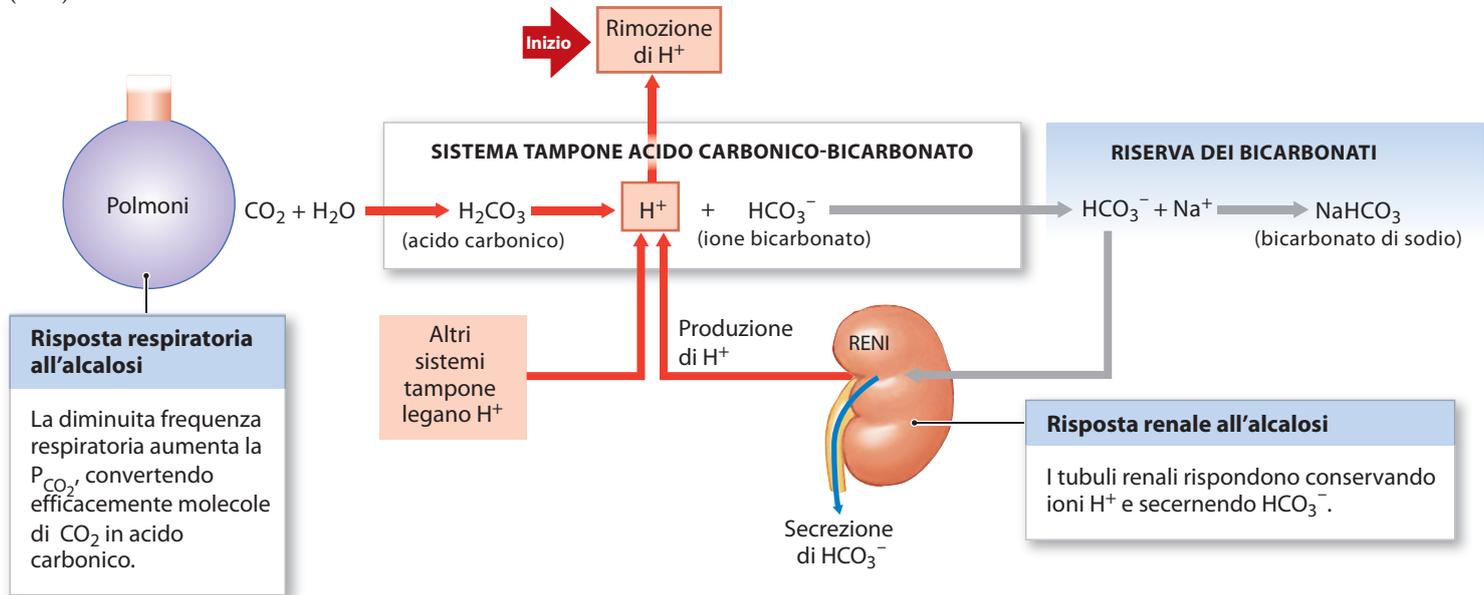


2 Le cellule dei tubuli renali secernono H^+ nel liquido tubulare lungo il tubulo contorto prossimale (TCP), il tubulo contorto distale (TCD) e il sistema collettore. Rinforzano anche la capacità del sistema tampone acido carbonico-bicarbonato aumentando la concentrazione di ioni bicarbonato nel LEC, sostituendo quelli assorbiti dalla riserva dei bicarbonati.

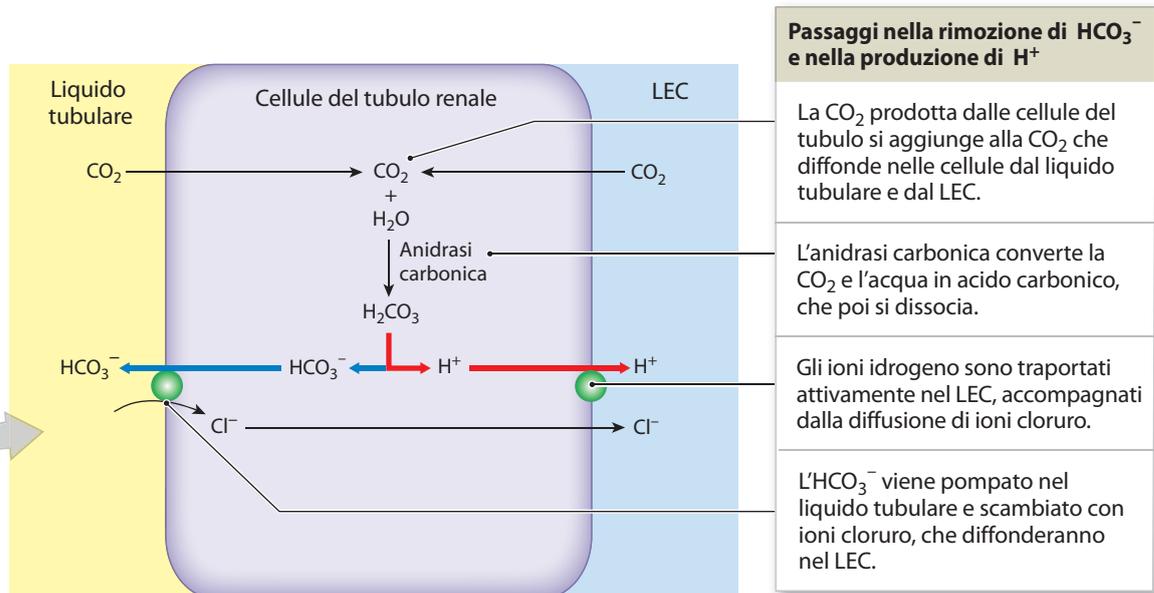
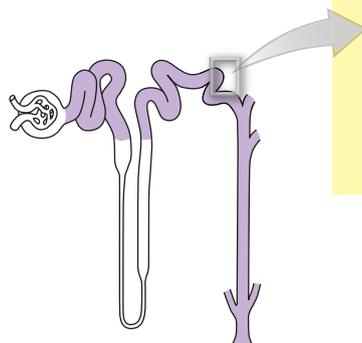


Risposte all'alcalosi metabolica

3 L'alcalosi metabolica si sviluppa quando un gran numero di ioni idrogeno viene rimosso dai liquidi corporei, con conseguente aumento del pH. Quando si verifica ciò, (1) il tasso di secrezione di H^+ da parte dei reni diminuisce, (2) le cellule dei tubuli non recuperano i bicarbonati nel liquido tubulare e (3) il sistema collettore trasporta HCO_3^- nel liquido tubulare rilasciando un acido forte (HCl) nel LEC.



4 Le cellule dei tubuli secernono ioni bicarbonato nel liquido tubulare lungo il tubulo contorto prossimale (TCP), il tubulo contorto distale (TCD) e il sistema collettore. Spostano anche ioni H^+ nel LEC.



Verifica del modulo 25.9

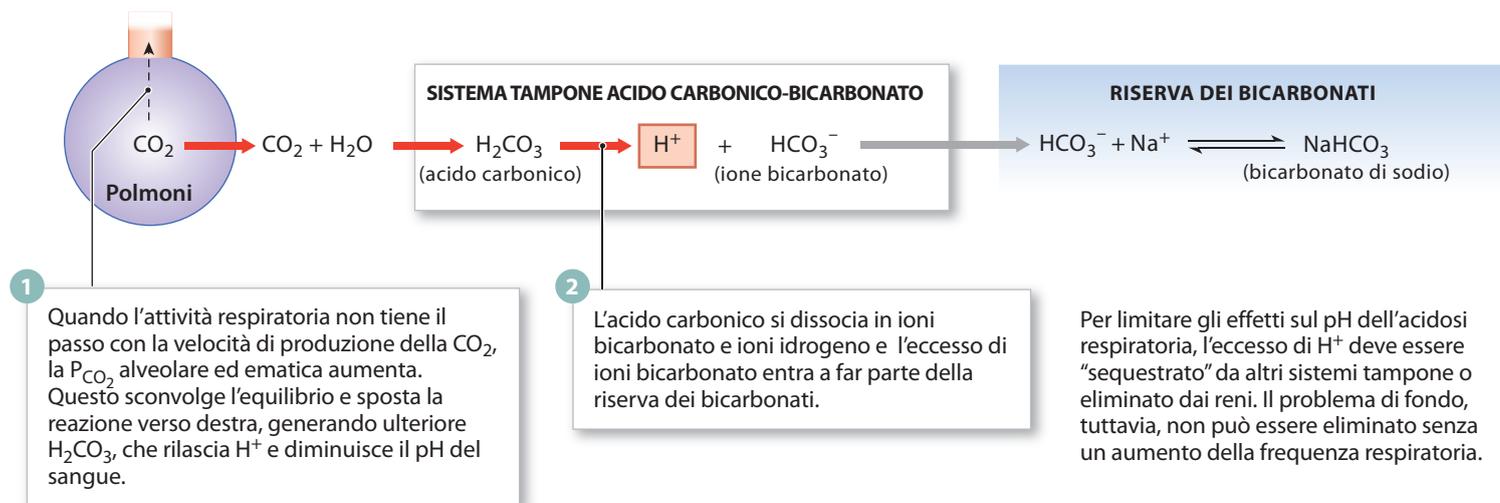
- Descrivere l'acidosi metabolica.
- Descrivere l'alcalosi metabolica.
- Se i reni trattengono HCO_3^- ed eliminano H^+ nell'urina acida, si produce alcalosi metabolica o acidosi metabolica?

I disturbi acido-base respiratori sono la causa più comune di alterazioni dell'equilibrio acido-base

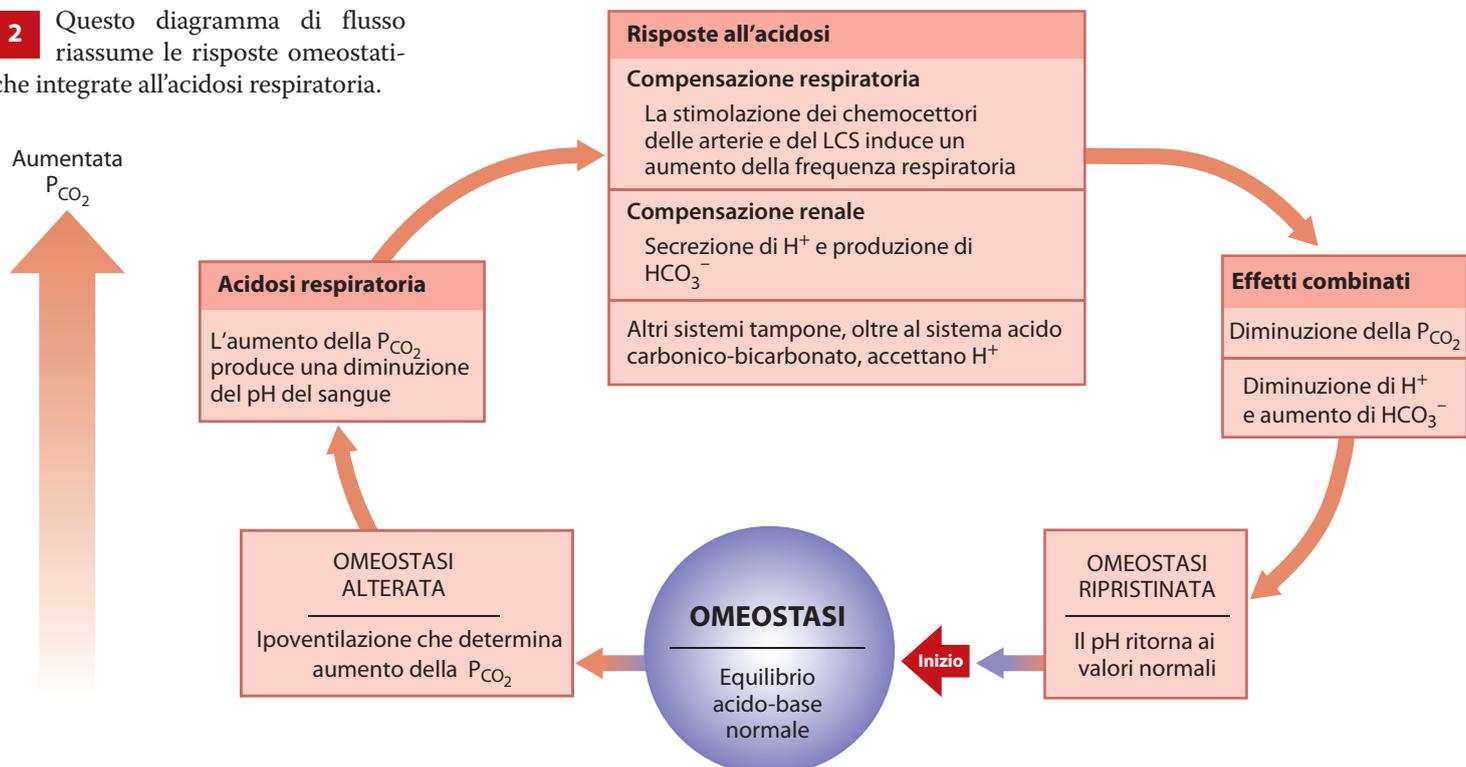
I **disturbi acido-base respiratori** derivano da uno squilibrio tra la velocità di produzione di CO₂ nei tessuti del corpo e la velocità di eliminazione della CO₂ nei polmoni.

Acidosi respiratoria

1 I disturbi acido-base respiratori non possono essere corretti, neanche temporaneamente, dal sistema tampone acido carbonico-bicarbonato. Se la velocità di generazione della CO₂ supera la velocità della sua rimozione, si sviluppa la condizione di **acidosi respiratoria**. L'acidosi respiratoria è relativamente comune e può essere pericolosa per la vita.

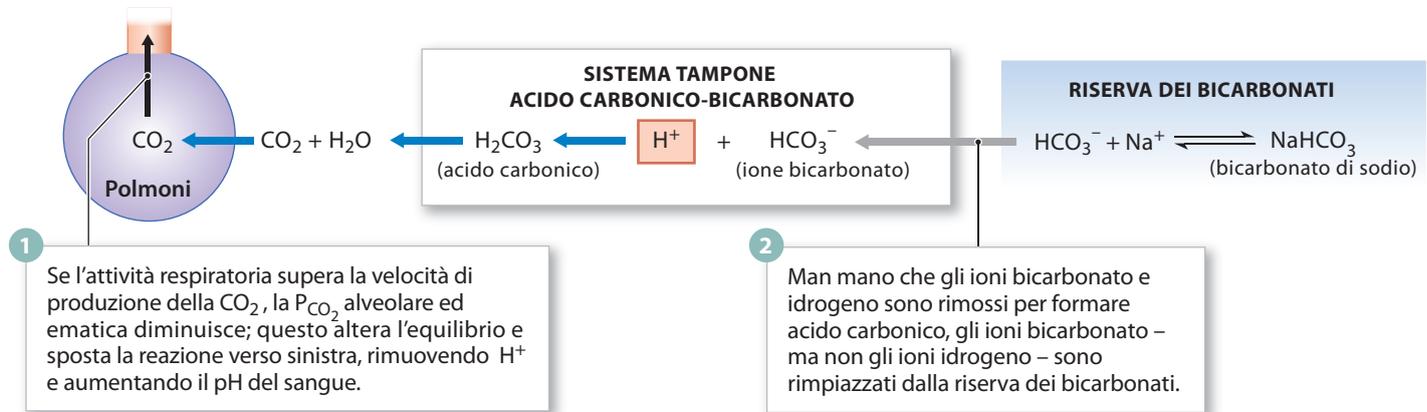


2 Questo diagramma di flusso riassume le risposte omeostatiche integrate all'acidosi respiratoria.

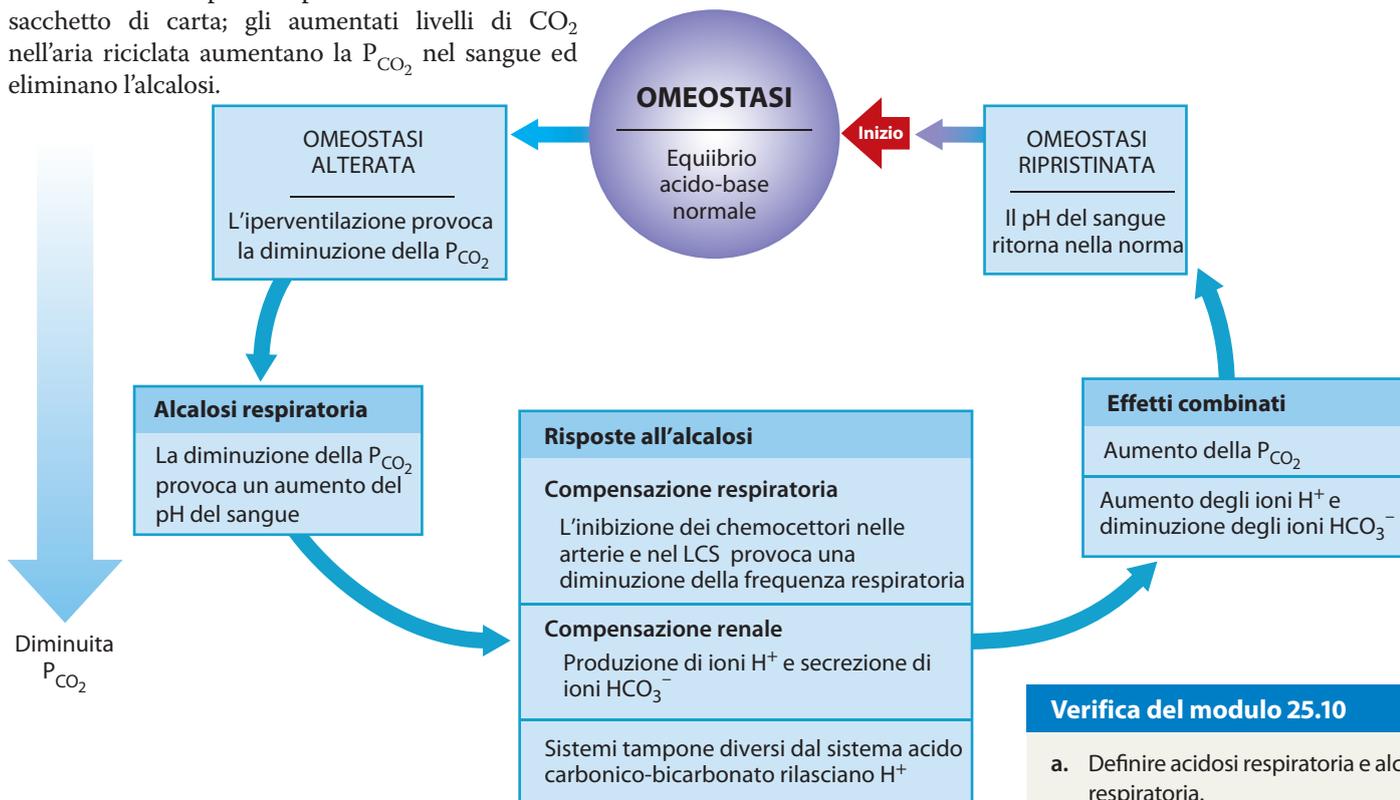


Alcalosi respiratoria

3 Se la velocità di eliminazione della CO_2 supera la velocità di generazione della CO_2 , si sviluppa la condizione di **alcalosi respiratoria**. L'alcalosi respiratoria è relativamente rara e raramente grave.



4 Le risposte omeostatiche all'alcalosi respiratoria sono riassunte in questo diagramma di flusso. La maggior parte dei casi è correlata all'ansia e la conseguente iperventilazione è autolimitante, la persona spesso sviene e la velocità respiratoria diminuisce quindi fino a raggiungere livelli normali. Un trattamento comune consiste nel far respirare la persona dentro e fuori un sacchetto di carta; gli aumentati livelli di CO_2 nell'aria riciclata aumentano la P_{CO_2} nel sangue ed eliminano l'alcalosi.



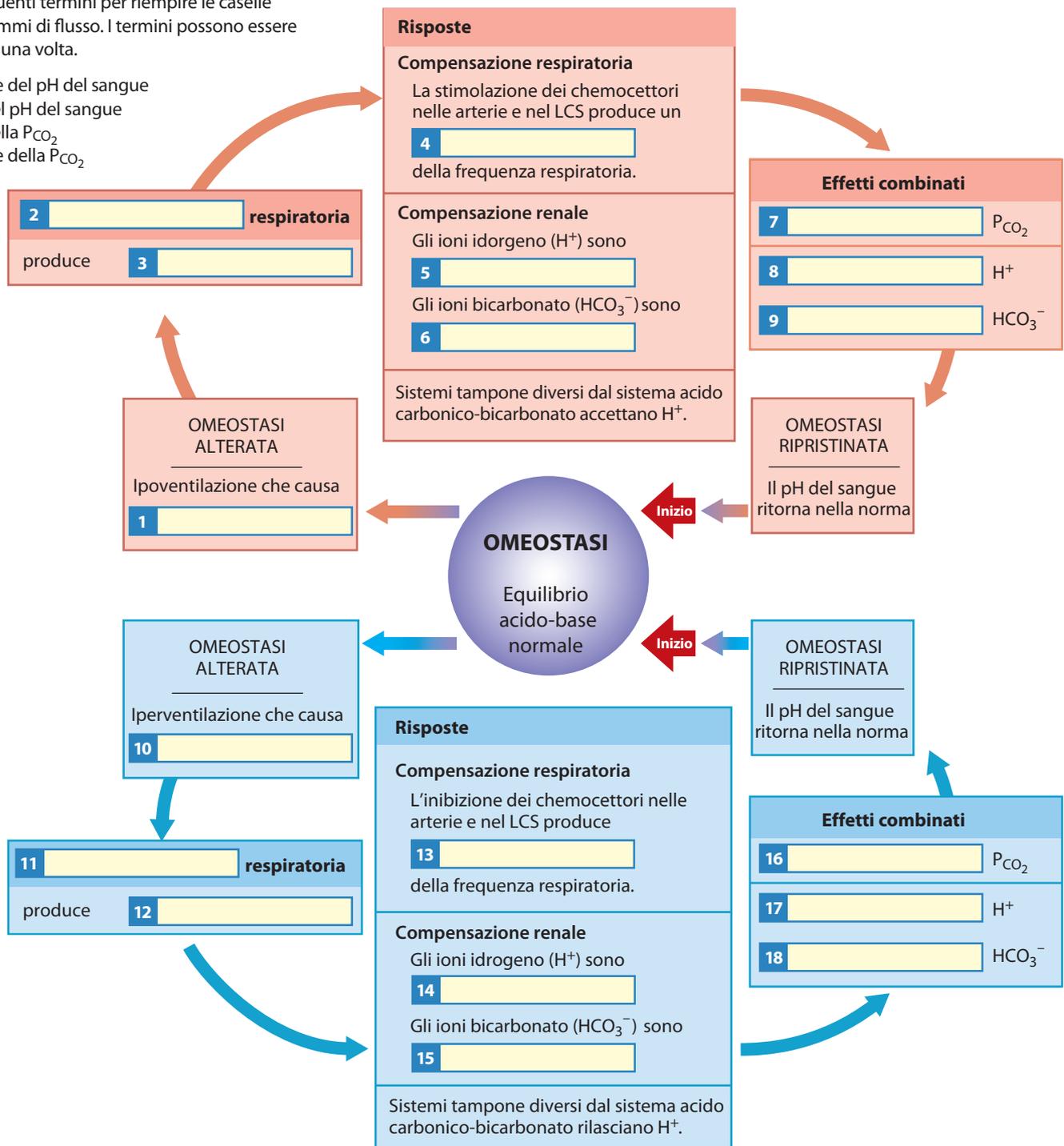
Verifica del modulo 25.10

- Definire acidosi respiratoria e alcalosi respiratoria.
- Come varia la P_{CO_2} nel sangue di un paziente con ostruzione delle vie respiratorie?
- In che modo una diminuzione del pH dei liquidi corporei influenza la frequenza respiratoria?

Identificare

Utilizzare i seguenti termini per riempire le caselle nei due diagrammi di flusso. I termini possono essere utilizzati più di una volta.

- Diminuzione del pH del sangue
- Aumento del pH del sangue
- Aumento della P_{CO_2}
- Diminuzione della P_{CO_2}
- Aumentato
- Diminuito
- Alcalosi
- Acidosi
- Prodotto
- Secreto



Integrazione alla sezione

Un ragazzo che stava annegando dopo essere caduto in un lago profondo è stato salvato. I soccorritori valutano le sue condizioni e scoprono che i suoi liquidi corporei hanno elevati valori di P_{CO_2} e di lattato e bassi livelli di P_{O_2} . Identificare il problema di fondo e consigliare il trattamento necessario per ripristinare le condizioni omeostatiche.

19

Sommario del capitolo

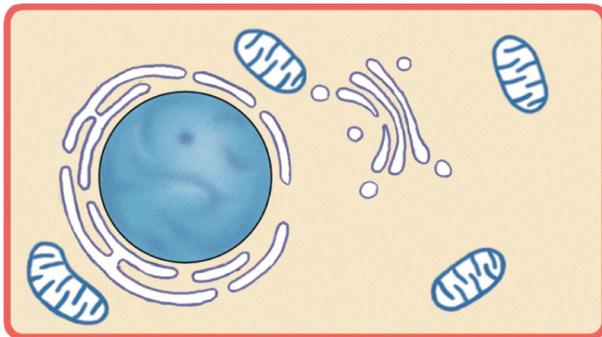
SEZIONE 1 • Equilibrio dei liquidi e degli elettroliti

25.1 La composizione corporea può essere considerata in termini di componenti solide e di due compartimenti di liquidi p. 963

1. I **minerali** sono sostanze inorganiche che si dissociano nei liquidi corporei per formare ioni chiamati elettroliti.
2. Il liquido intracellulare (LIC) e il liquido extracellulare (LEC) costituiscono i **compartimenti dei liquidi**.
3. Le cellule sono in grado di mantenere l'ambiente interno completamente separato da quello del LEC perché hanno una membrana plasmatica e un sistema di trasporto attivo sulla superficie della membrana.
4. I componenti solidi costituiscono solo il 40-50 per cento della massa corporea.

25.2 L'equilibrio dei liquidi sussiste quando la quantità di acqua che si perde è uguale a quella che si introduce p. 964

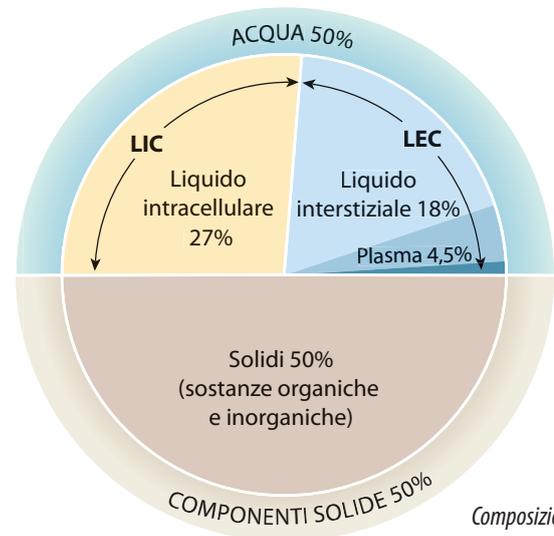
5. L'**equilibrio dei liquidi** nel corpo si verifica quando il contenuto di acqua rimane stabile nel tempo.
6. L'ingresso di acqua nel corpo si verifica soprattutto nel canale alimentare. Quasi la metà delle perdite di acqua si verifica attraverso la minzione.
7. L'introito quotidiano d'acqua dipende dal contenuto di acqua presente nei cibi, dai liquidi consumati, dall'acqua prodotta durante il metabolismo e si aggira intorno ai 2500 mL. Un totale di 2500 mL di acqua viene eliminato attraverso la minzione, l'evaporazione dalla cute e dai polmoni, la perdita attraverso le feci e la secrezione delle ghiandole sudoripare.



8. Un passaggio rapido di acqua tra LEC e LIC in risposta ad un gradiente osmotico è chiamato **spostamento dei liquidi**.
9. La **disidratazione** si sviluppa quando le perdite di acqua superano l'acqua assunta e prodotta nell'organismo.

25.3 L'equilibrio dei minerali dipende dall'equilibrio tra introiti e perdite di elettroliti p. 966

10. L'**equilibrio dei minerali** è l'equilibrio tra l'assorbimento ionico, che si verifica attraverso l'epitelio della mucosa dell'intestino tenue e del colon, e l'escrezione di ioni, che si verifica soprattutto attraverso i reni.
11. Il corpo contiene notevoli riserve di minerali fondamentali. La quantità persa ogni giorno deve essere uguagliata dall'assunzione giornaliera, per mantenere l'equilibrio dei minerali.



Composizione corporea di una donna adulta

25.4 L'equilibrio idrico dipende dall'equilibrio del sodio e i due sono regolati simultaneamente p. 968

12. L'**equilibrio del sodio** sussiste quando l'assunzione di sodio uguaglia le perdite di sodio.
13. Quando gli introiti di sodio superano le perdite, il volume del LEC aumenta; quando le perdite di sodio superano i guadagni, il volume del LEC diminuisce.
14. Se il volume del LEC aumenta, la volemia aumenta. Se il volume del LEC diminuisce, la volemia diminuisce.
15. Quando la concentrazione di Na^+ nel LEC scende sotto i 136 mEq/L, si instaura uno stato di **iponatriemia**. Ciò può essere causato da eccessiva assunzione di acqua (iperidratazione) o inadeguata assunzione di sale.
16. Quando il contenuto di acqua corporea diminuisce, la concentrazione di Na^+ aumenta; quando la concentrazione supera i 145 mEq/L, si produce **ipernatriemia**; la disidratazione ne è la causa più comune.

25.5 Alterazioni dell'equilibrio del potassio sono rare ma estremamente pericolose p. 970

17. I fattori chiave per mantenere l'**equilibrio del potassio** sono la quantità di K^+ che entra nell'organismo attraverso l'epitelio del canale alimentare e la quantità di K^+ che viene persa nell'urina.
18. I reni sono i principali determinanti della concentrazione di K^+ nel LEC.
19. La perdita di potassio dai reni è regolata dall'aldosterone, che stimola il riassorbimento del Na^+ e contemporaneamente accelera l'escrezione del K^+ .
20. Il disordine endocrino **iperaldosteronismo** (eccessiva secrezione di aldosterone) si traduce in **ipokaliemia** (basso potassio) per eccesso di ritenzione di sodio e di perdita di potassio. Diuretici, come il *Lasix*, possono causare ipokaliemia aumentando il volume di urina prodotta.

21. L'**iperkaliemia** (eccesso di potassio) può essere causata da basso pH del sangue, insufficienza renale e diuretici che bloccano il riassorbimento del Na^+ (che causano anche rallentata secrezione di potassio).

SEZIONE 2 • Equilibrio acido-base

25.6 Ci sono tre classi di acidi nel corpo p. 973

22. L'**equilibrio acido-base** si verifica nel corpo quando la produzione di H^+ è esattamente compensata dalla loro perdita e quando il pH dei liquidi corporei rimane entro limiti normali.
23. Il problema principale per l'equilibrio acido-base è dato dalla varietà di acidi prodotti dal corpo durante il normale metabolismo, poiché una diminuzione significativa del pH nei liquidi corporei deve essere evitata.
24. Tre classi di acidi possono minacciare l'equilibrio del pH: **acidi fissi** (acidi che rimangono in soluzione), **acidi organici** (prodotti del metabolismo cellulare) e **acidi volatili** (acidi che lasciano il corpo attraverso i polmoni).

25.7 Alterazioni potenzialmente pericolose dell'equilibrio acido-base sono contrastate da sistemi tampone p. 974

25. Il pH del LEC rimane normalmente tra 7,35 e 7,45.
26. Le variazioni della concentrazione di ioni H^+ che si discostano dalla norma perturbano la stabilità delle membrane plasmatiche, alterano la struttura delle proteine e modificano le attività di importanti enzimi.
27. Quando il pH del sangue scende sotto 7,35, si instaura acidemia, con conseguente **acidosi**. Quando il pH del sangue aumenta sopra 7,45, si instaura **alcalemia**, con conseguente **alcalosi**.
28. Il fattore più importante che influenza il pH dei tessuti corporei è la P_{CO_2} , perché l'anidride carbonica si combina con l'acqua per formare acido carbonico, che si dissocia in uno ione H^+ e uno ione bicarbonato (HCO_3^-) nella reazione $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$. Esiste una relazione inversa tra P_{CO_2} e pH.
29. Un **sistema tampone** nei liquidi corporei consiste generalmente in una combinazione di un acido debole (HY) e dell'anione (Y^-) liberato dalla sua dissociazione.

25.8 I sistemi tampone possono ritardare ma non evitare variazioni di pH nel LIC e nel LEC p. 976

30. Ci sono tre sistemi tampone principali: il sistema tampone fosfato, i sistemi tampone proteici e il sistema tampone acido carbonico-bicarbonato.
31. Il **sistema tampone fosfato** svolge un ruolo importante nel tamponare il pH del LIC e delle urine.
32. I **sistemi tampone proteici** regolano il pH di LEC e LIC e interagiscono con gli altri due sistemi tampone. I sistemi tampone

proteici impediscono significativi cambiamenti del pH legando gli ioni H^+ in eccesso. Sono coinvolti i gruppi amminici, carbossilato e R (laterali) di amminoacidi liberi o gruppi laterali R di proteine.

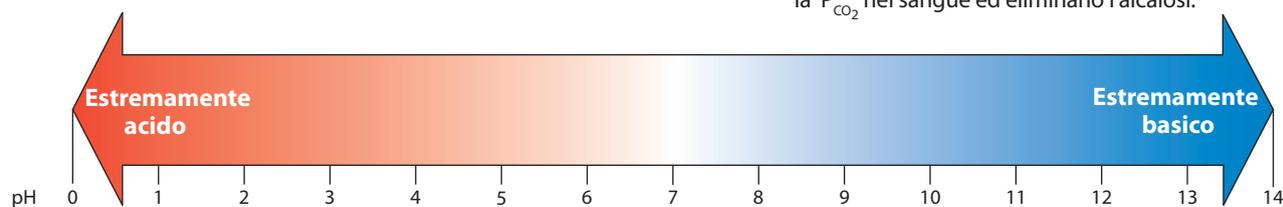
33. Il **sistema tampone acido carbonico-bicarbonato** è il più importante nel LEC. Assume gli ioni H^+ rilasciati dall'attività metabolica e genera acido carbonico, che si dissocia in acqua e anidride carbonica, che può essere facilmente eliminata dai polmoni.

25.9 Le risposte omeostatiche ad acidosi e alcalosi metaboliche coinvolgono meccanismi respiratori e renali e sistemi tampone p. 978

34. L'**acidosi metabolica** si sviluppa quando gli acidi organici o fissi rilasciano un gran numero di ioni H^+ e il pH diminuisce.
35. L'eccesso di ioni H^+ deve essere legato in modo permanente attraverso la formazione di acqua o rimosso dai liquidi del corpo attraverso la secrezione renale.
36. La risposta respiratoria all'acidosi consiste in un'aumentata frequenza respiratoria per diminuire la P_{CO_2} . A livello renale le cellule dei tubuli secernono H^+ nel liquido tubulare lungo il tubulo contorto prossimale (TCP), il tubulo contorto distale (TCD) e il sistema collettore.
37. L'**alcalosi metabolica** si sviluppa quando un gran numero di ioni H^+ è rimosso dai liquidi corporei, con conseguente aumento del pH.
38. La risposta respiratoria all'alcalosi metabolica consiste in una diminuzione della frequenza respiratoria. Questo comporta un aumento della P_{CO_2} , con conseguente conversione delle molecole di CO_2 in acido carbonico e aggiunta di H^+ . La risposta renale avviene a livello dei tubuli renali con risparmio di H^+ e secrezione di HCO_3^- .

25.10 I disordini acido-base respiratori sono la causa più comune di alterazioni dell'equilibrio acido-base p. 980

39. I **disturbi acido-base respiratori** derivano da uno squilibrio tra la velocità di generazione di CO_2 nei tessuti corporei e la velocità di eliminazione della CO_2 dai polmoni. Questo non può essere corretto dal sistema tampone acido carbonico-bicarbonato.
40. Se la velocità di generazione della CO_2 è superiore alla velocità di rimozione della CO_2 per ipoventilazione, allora si sviluppa la condizione di **acidosi respiratoria**. Questa non può essere eliminata senza un aumento della frequenza respiratoria.
41. Se la velocità di eliminazione della CO_2 supera la velocità di generazione della CO_2 per iperventilazione, si sviluppa la condizione di **alcalosi respiratoria**. Questa è piuttosto inconsueta e raramente grave.
42. L'alcalosi respiratoria è spesso legata a iperventilazione indotta da ansia; la persona sviene e di conseguenza si ripristina la normale velocità di ventilazione. Un trattamento comune consiste nel far respirare il soggetto in un sacchetto di carta. Gli aumentati livelli di CO_2 nell'aria riciclata fanno aumentare la P_{CO_2} nel sangue ed eliminano l'alcalosi.



Alcalosi e acidosi severe sono entrambe estremamente pericolose.

Quesiti di verifica del capitolo

Vero/falso

Indicare se ciascuna affermazione è vera o falsa.

- 1 L'acidosi metabolica si sviluppa quando un gran numero di ioni idrogeno è rimosso dai liquidi corporei, con conseguente aumento del pH.
- 2 Le proteine sono le componenti solide più abbondanti della massa corporea.
- 3 Circa la metà della perdita giornaliera di acqua avviene per evaporazione dai polmoni.
- 4 L'alcalosi respiratoria si può trattare semplicemente facendo respirare il paziente dentro e fuori un sacchetto di carta.
- 5 L'ipokaliemia è provocata da un'inadeguata secrezione di aldosterone.
- 6 Il ferro è classificato come minerale fondamentale.
- 7 L'acido carbonico è un acido volatile che si forma attraverso l'interazione tra acqua e anidride carbonica.
- 8 Il pH del LEC normalmente varia da 7,0 a 7,30.
- 9 La composizione corporea totale dei maschi adulti è formata per il 60 per cento da acqua e per il 40 per cento da massa solida, mentre nelle femmine la composizione corporea totale è del 50 per cento di acqua e per il 50 per cento di massa solida.
- 10 Circa il 98 per cento del contenuto di potassio del corpo umano si trova nel LIC, invece che nel LEC.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____
- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

Collegare

Collegare ciascun termine alla descrizione più appropriata.

- | | | |
|----------------------|----|--|
| a. Tampone | 11 | Esponente negativo della concentrazione di ioni idrogeno in soluzione |
| b. Acida | 12 | Una sostanza che si dissocia per rilasciare ioni idrossido per rimuovere ioni idrogeno, aumentando il pH |
| c. Basica o alcalina | 13 | Una soluzione con pH uguale a 7, contenente lo stesso numero di ioni idrogeno e ioni idrossido |
| d. pH | 14 | Una sostanza che tende ad opporsi a cambiamenti del pH di una soluzione, rimuovendo o sostituendo ioni idrogeno |
| e. Acido | 15 | Una soluzione con pH superiore a 7, in cui prevalgono gli ioni idrossido |
| f. Base | 16 | Una sostanza che si dissocia liberando ioni idrogeno, diminuendo il pH |
| g. Neutra | 17 | Un composto ionico costituito da un catione diverso dallo ione idrogeno e un anione diverso dallo ione idrossido |
| h. Sale | 18 | Una soluzione con un pH inferiore a 7, con prevalenza di ioni idrogeno |

- 11 _____
- 12 _____
- 13 _____
- 14 _____
- 15 _____
- 16 _____
- 17 _____
- 18 _____

Scelta multipla

Selezionare la risposta corretta tra quelle elencate.

- 19** Il fattore più importante che influenza il pH dei tessuti corporei è:
- a) l'acido cloridrico
 - b) i corpi chetonici
 - c) l'acido lattico
 - d) la pressione parziale dell'anidride carbonica
- 20** L'acidosi respiratoria si sviluppa quando il pH del sangue è:
- a) aumentato a causa di una diminuzione della P_{CO_2}
 - b) diminuito a causa di un aumento della P_{CO_2}
 - c) aumentato a causa di un aumento della P_{CO_2}
 - d) diminuito a causa di una diminuzione della P_{CO_2}
- 21** Quale delle seguenti è l'equazione chimica corretta della reazione tra acqua e anidride carbonica?
- a) $H_2CO_3 + H^+ \rightarrow HCO_3^- + H_2O \rightarrow CO_2$
 - b) $H_2O + CO_2 \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+ + HCO_3^-$
 - c) $H_2O + CO_2 \rightarrow HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow H^+$
 - d) $H_2O + CO_2 + H^+ \rightarrow H_2CO_3 \rightarrow HCO_3^-$
- 22** La maggior parte della capacità tampone delle proteine è data da:
- a) gruppi R degli amminoacidi componenti
 - b) legami peptidici tra amminoacidi adiacenti
 - c) gruppi amminici e carbossilici degli amminoacidi componenti
 - d) gruppo carbonioso centrale della maggior parte degli amminoacidi
- 23** Quale delle seguenti *non* è una risposta endocrina alla diminuzione della volemia e della pressione sanguigna?
- a) Aumentata secrezione di renina e attivazione di angiotensina II
 - b) aumento del rilascio di aldosterone
 - c) aumento del rilascio di ADH
 - d) aumento di Na^+ nell'urina
- 24** La condizione caratterizzata da una concentrazione ematica di Na^+ inferiore alla norma è detta:
- a) iponatriemia
 - b) ipernatriemia
 - c) ipokaliemia
 - d) iperkaliemia
- 25** Quale dei seguenti minerali entra nella composizione di mioglobina, emoglobina e citocromi?
- a) Zinco
 - b) Rame
 - c) Ferro
 - d) Cobalto
- 26** Il sito primario di perdita di ioni è costituito da:
- a) ghiandole sudoripare
 - b) reni
 - c) intestino
 - d) polmoni

Risposte brevi

- 27** Illustrare le differenze tra equilibrio dei liquidi, equilibrio dei minerali ed equilibrio acido-base.
- 28** Che cosa accadrebbe se un paziente disidratato ricevesse accidentalmente per endovena una soluzione salina ipertonica?

Problemi intestinali in paradiso

Durante un viaggio in un Paese straniero con acqua potabile di bassa qualità, Beth e Tom hanno bevuto una bibita con ghiaccio durante la cena. Molti viaggiatori evitano di bere l'acqua in Paesi stranieri, ma dimenticano che il ghiaccio spesso è fatto con acqua di rubinetto locale! Di conseguenza, sia Beth che Tom hanno contratto una malattia intestinale con una forma grave di diarrea. (La diarrea, caratterizzata da ampi passaggi di acqua nel lume intestinale con produzione di feci acquose, se non trattata, può causare complicazioni anche gravi).

Si stima che ogni anno tale “diarrea del viaggiatore” interessi almeno 10 milioni di americani. Destinazioni ad alto rischio comprendono i Paesi meno sviluppati dell'America Latina, l'Africa, il Medio Oriente e regioni dell'Asia. I CDC hanno messo a disposizione un sito web per informare i viaggiatori.

Dopo 2 giorni di attacchi incontrollati di diarrea, la coppia si è rivolta a un vicino centro medico per le cure. I test hanno rivelato che la causa è il batterio *Escherichia coli*. Ulteriori test hanno stabilito che sia Beth che Tom sono disidratati, così sono stati prescritti loro liquidi per via endovenosa. Purtroppo, l'infermiera si è distratta e ha somministrato erroneamente a Tom una soluzione di glucosio ipertonica invece della soluzione fisiologica che è stata somministrata a Beth.

- 1 In che modo lo stato di disidratazione di Tom e Beth ha influenzato il loro pH ematico e urinario e la loro respirazione?
- 2 Che effetto avrà la soluzione ipertonica glucosata somministrata per via endovenosa a Tom sui livelli ematici di ADH e sulla quantità di urina emessa?





Martini • Ober • Nath • Bartholomew • Petti

VISUAL Anatomia e Fisiologia

Accedi all'ebook e ai contenuti digitali > Espandi le tue risorse > con un libro che **non pesa** e si **adatta** alle dimensioni del tuo **lettore**



All'interno del volume il **codice personale** e le istruzioni per accedere alla versione **ebook** del testo e agli ulteriori servizi. L'accesso alle risorse digitali è **gratuito** ma limitato a **24 mesi dalla attivazione del servizio**.



www.edises.it



€ 70,00

