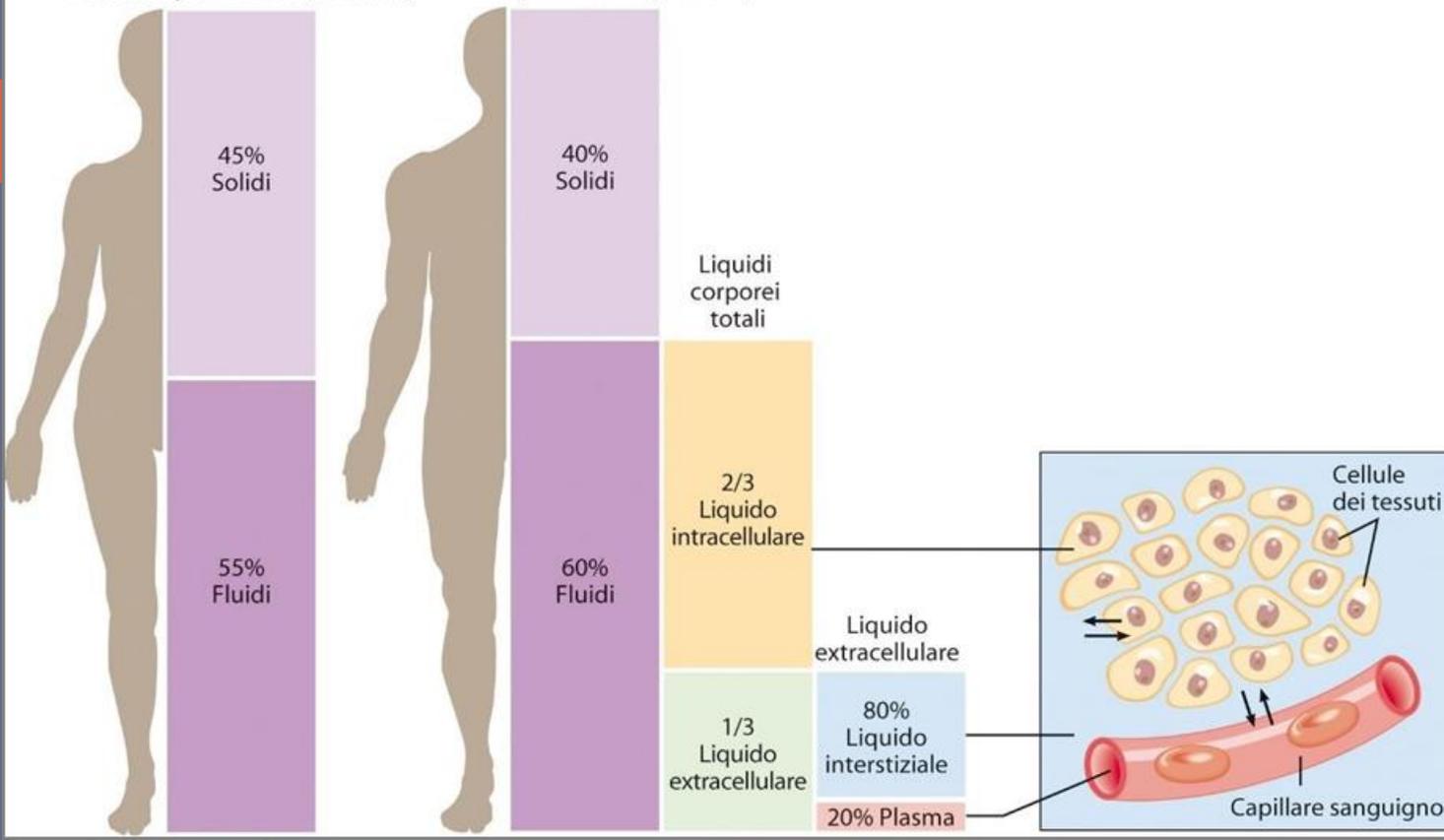




L'equilibrio dei fluidi corporei

a cura di Antonio Incandela

Massa corporea totale (femmina) Massa corporea totale (maschio)



I fluidi corporei e la loro distribuzione

In un soggetto adulto i fluidi corporei costituiscono:

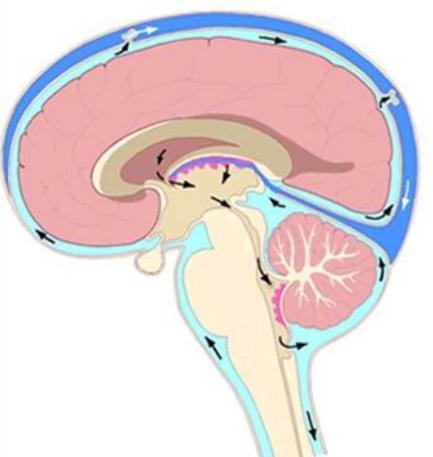
- Oltre il 55% della massa corporea nelle femmine
- Oltre il 60% nei maschi

Tali fluidi sono raccolti in due distretti principali:

- circa i 2/3 all'interno delle cellule, dove costituiscono il liquido intracellulare (citosol)
- circa 1/3 all'esterno delle cellule, dove costituiscono il liquido extracellulare (80% liquido interstiziale, 20% plasma)

Liquidi interstiziali

- ❖ Il liquido che occupa gli spazi tra le cellule
- ❖ La linfa dei vasi linfatici
- ❖ Il liquido cerebrospinale nel sistema nervoso
- ❖ Il liquido sinoviale delle articolazioni
- ❖ L'umore acqueo e il corpo vitreo nei globi oculari
- ❖ L'endolinfa e la perilinfina nell'orecchio interno
- ❖ I liquidi pleurici, pericardici e peritoneali



Si ha un **equilibrio dei fluidi** quando nell'organismo sono presenti le quantità necessarie di acqua e di soluti distribuite equamente nei vari compartimenti.

L'**acqua** è il componente più abbondante del nostro organismo, presente in percentuale variabile a seconda dell'età e del sesso.

La maggior parte dei soluti nei liquidi corporei sono elettroliti, composti inorganici che in acqua si scompongono in ioni e sono responsabili del flusso osmotico.

I processi di filtrazione, riassorbimento, diffusione e osmosi permettono lo scambio continuo di acqua e soluti tra i vari compartimenti.



L'assunzione di acqua ed elettroliti raramente avviene nella stessa proporzione in cui sono presenti nei fluidi corporei. Il mantenimento dell'equilibrio dei fluidi (omeostasi) dipende, pertanto, dalla capacità dei reni di espellere:

- l'acqua in eccesso producendo urina diluita
- gli elettroliti in eccesso producendo urina concentrata.

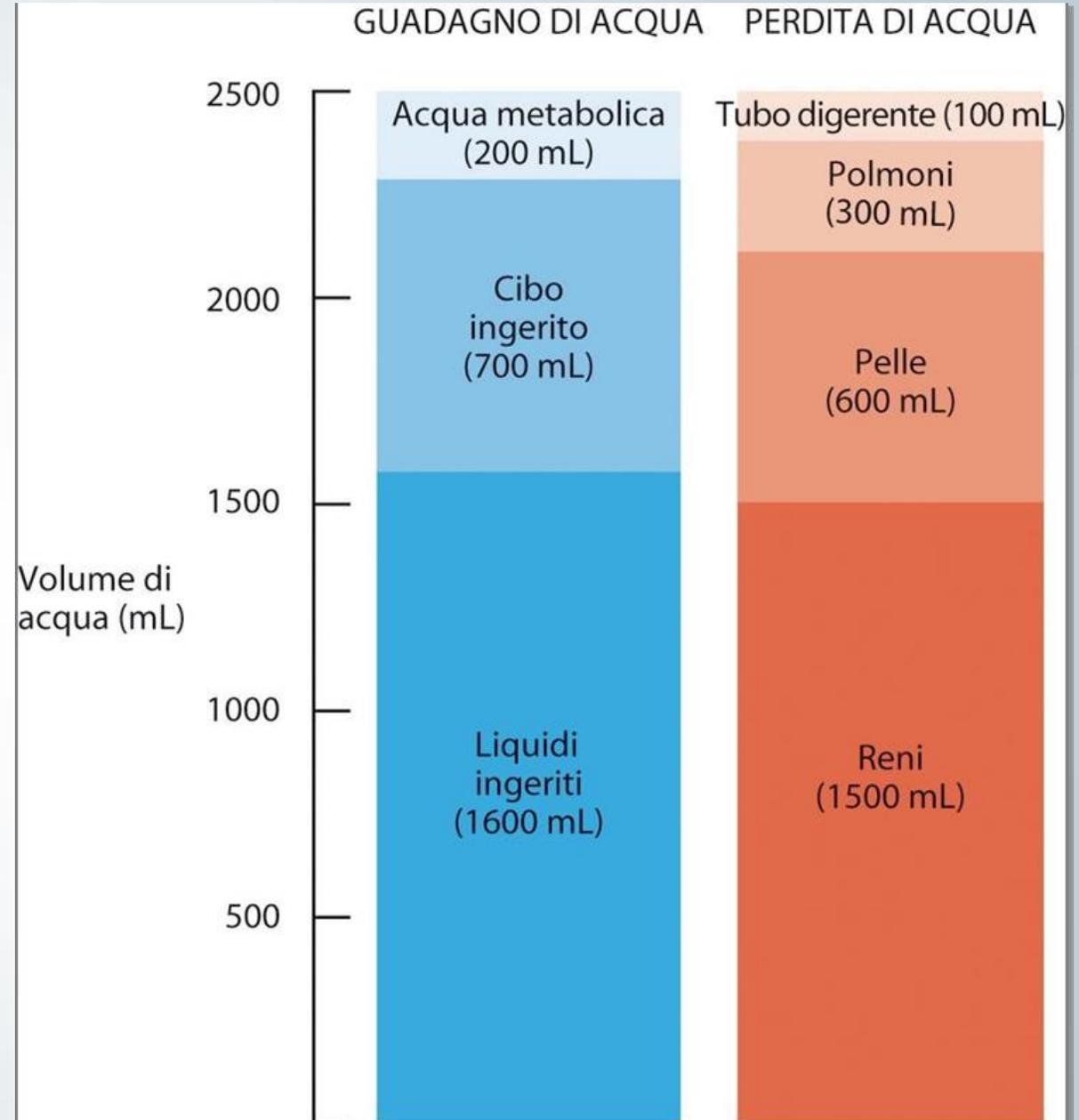
Le principali fonti dell'acqua corporea sono:

- acqua metabolica (prodotta da reazioni biochimiche quali respirazione cellulare, reazioni di condensazione)
- alimenti
- bevande

Le perdite di acqua avvengono tramite:

- vapore acqueo (espirazione)
- sudore
- urina
- feci
- flusso mestruale

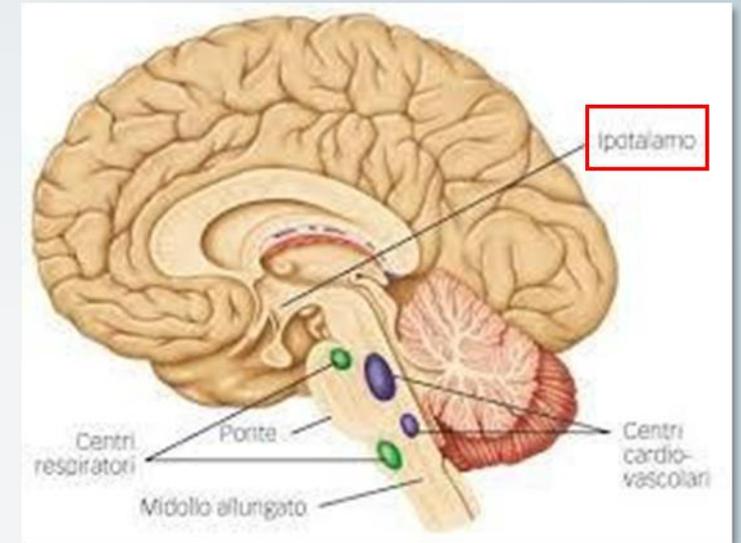
Normalmente il volume dei liquidi corporei resta costante perché sia la perdita sia l'introduzione quotidiana di acqua ammontano a circa **2500 mL**.



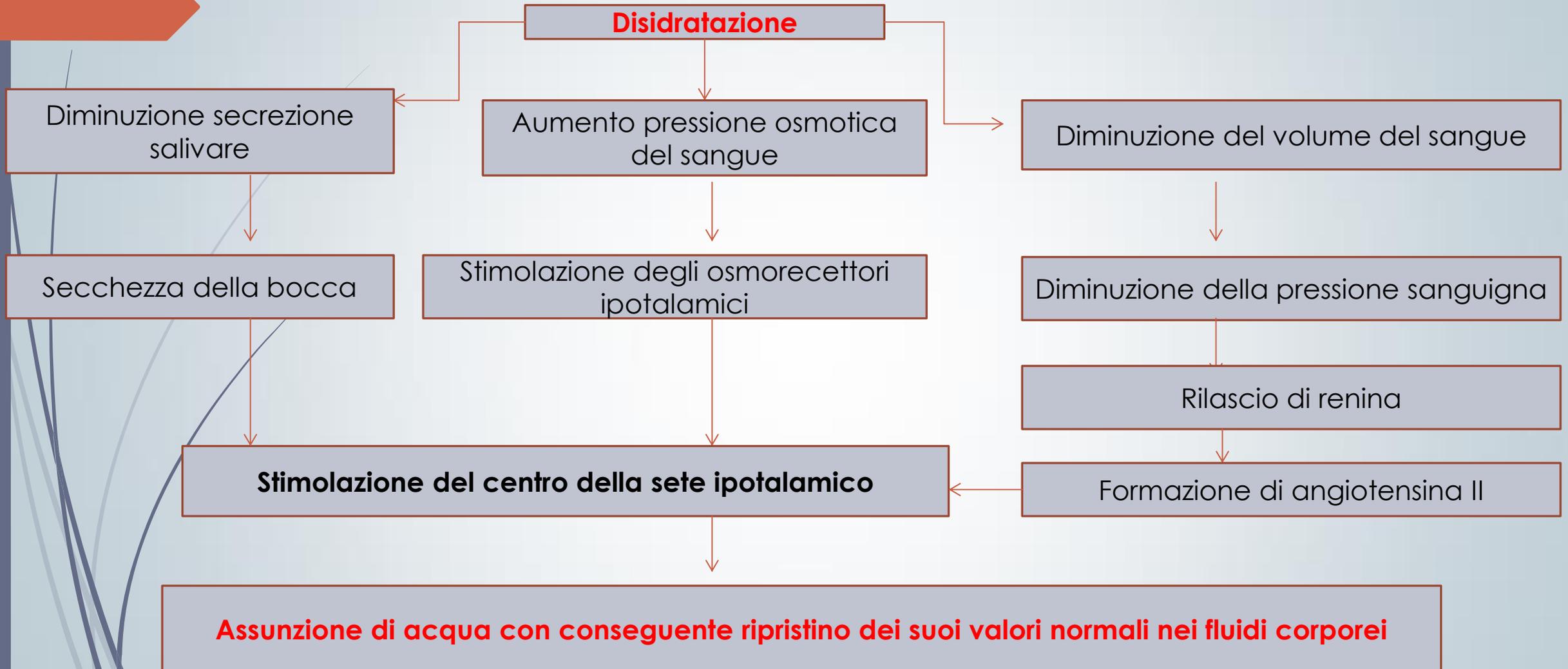
La regolazione dell'assunzione dell'acqua

A volte, la perdita di acqua è maggiore dell'assunzione, come nella sudorazione profusa, in caso di vomito o diarrea o nelle emorragie

- La **disidratazione**, cioè la diminuzione del volume e l'aumento della pressione osmotica dei fluidi corporei, stimola la sete
- Un'area dell'ipotalamo chiamata centro della sete regola l'impulso di bere
- Lo stimolo della sete è dovuto a **osmocettori** situati nell'ipotalamo che rilevano la concentrazione plasmatica degli elettroliti, in particolare del sodio.



La regolazione dell'assunzione dell'acqua



La regolazione dell'escrezione dell'acqua e dei soluti

La quantità del sale introdotto con la dieta ed eliminato con l'urina è il fattore principale che determina il volume dei fluidi corporei, dato che nel processo di osmosi **“l'acqua segue i soluti”**

Gli alimenti contengono un contenuto molto variabile di NaCl e, di conseguenza, anche l'escrezione urinaria di Na⁺ e Cl⁻ varierà al fine di mantenere l'omeostasi

La **natriuresi** consiste in un'elevata perdita urinaria di Na⁺ e Cl⁻ con conseguente diminuzione del volume del sangue.



ALIMENTO	SODIO (mg/100g)	ALIMENTO	SODIO (mg/100g)
Bistecca maiale	56	Pomodoro	5
Salsa di soia	5720	Ketchup	1120
Filetto di manzo	41	Piselli	5
Salsiccia	1100	Mortadella	230
Pollo petto	33	Arachidi	18
Prosciutto crudo	2578	Pecorino	1800
Salmone fresco	48	Patata	6
Salmone affumicato	1880	Patate fritte (busta)	1070
Sogliola	296	Cipolla	4
Bresaola	1597	Brie	700
Ostrica	510	Margarina	800
Parmigiano	600	Pop-corn salato	1940
Cavolo	30	Riso soffiato	360
Grana	700	Latte intero di mucca	43
Asparago	13	Wurstel	793

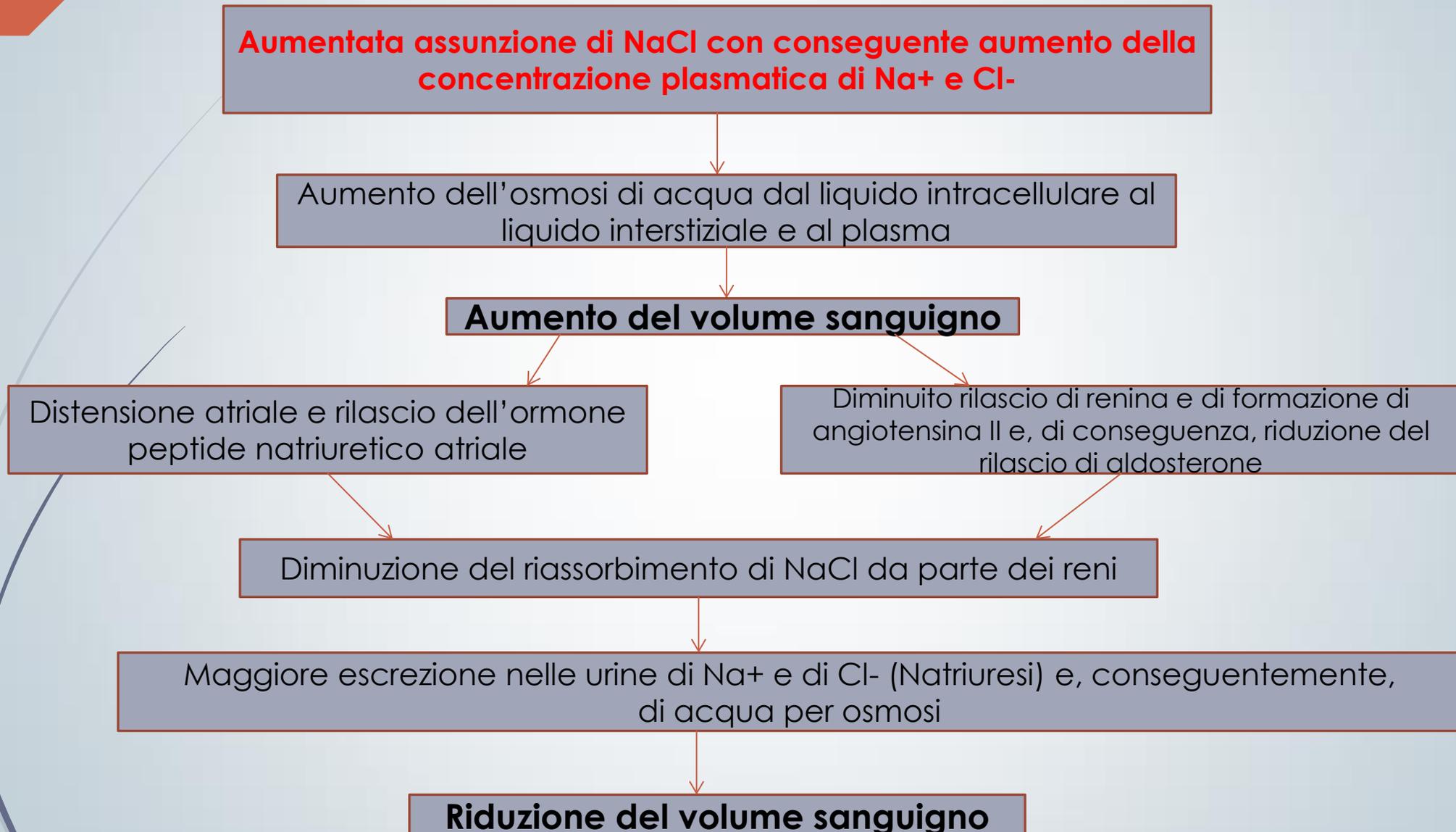
Se nell'organismo dovesse rimanere un eccesso di sodio, perché i reni non sono in grado di eliminarne abbastanza, per effetto osmotico anche l'acqua verrebbe trattenuta

Principali Cause:
insufficienza renale o eccessiva secrezione di aldosterone

Conseguenze:

- 1- Aumento del volume sanguigno e dei valori pressori
- 2- Accumulo anomalo di liquido interstiziale nei tessuti (edema)

La regolazione dell'escrezione dell'acqua e dei soluti



Gli elettroliti presenti nei fluidi corporei

Gli ioni derivanti dalla scissione degli elettroliti servono per numerose funzioni fisiologiche:

- 1.controllo dell'osmosi:** cioè del movimento dell'acqua tra i vari compartimenti di fluidi
- 2.equilibrio acido-base:** per il mantenimento del pH dei fluidi corporei entro limiti ristretti
- 3.conduzione nervosa:** trasportano la corrente elettrica che innesca i potenziali d'azione
- 4.come cofattori:** necessari per un'ottimale attività enzimatica

Gli ioni sodio (Na⁺)

Rappresentano, in assoluto, gli ioni più abbondanti presenti nel liquido extracellulare (90%)

Tali ioni intervengono nell'equilibrio dei fluidi e degli elettroliti (da essi dipende quasi la metà della pressione osmotica del fluido extracellulare)

Il Na⁺ è necessario nella generazione e nella conduzione dei potenziali di azione nei neuroni e nelle fibre muscolari.

Gli ioni cloruro (Cl⁻)

Sono gli anioni prevalenti nel liquido extracellulare

La maggior parte delle membrane plasmatiche contiene molti canali specifici per il cloro, per cui tali ioni si spostano facilmente fra i comparti intra ed extracellulari

Il loro riassorbimento è influenzato da tutti i processi che aumentano o diminuiscono il riassorbimento renale del sodio

Gli elettroliti presenti nei fluidi corporei

Gli ioni potassio (K⁺)

Sono, in assoluto, gli ioni più abbondanti tra quelli presenti nel liquido intracellulare.

Tali ioni risultano fondamentali, al pari degli ioni Na⁺, nella conduzione nervosa e nella contrazione muscolare

Transitano facilmente fra i compartimenti intra ed extra cellulari e spesso vengono scambiati con ioni H⁺ contribuendo a regolare il pH dei fluidi corporei

Il loro livello nel plasma è controllato soprattutto dall'**aldosterone**

Gli ioni calcio (Ca²⁺)

Tali ioni sono concentrati, principalmente, nello scheletro e nei denti mentre nei fluidi corporei sono soprattutto cationi extracellulari

Presentano un ruolo primario nella coagulazione del sangue, nel rilascio di neurotrasmettitori, nel mantenimento del tono muscolare, nell'eccitabilità del sistema nervoso e del tessuto muscolare

Il **paratormone** e il **calcitriolo** (forma attiva della vitamina D) costituiscono i principali fattori in grado di regolare il tasso di Ca²⁺ nel sangue.

Gli squilibri acido – base: acidosi ed alcalosi

L'**acidosi** è la condizione in cui il pH del sangue arterioso sistemico è inferiore a 7,35

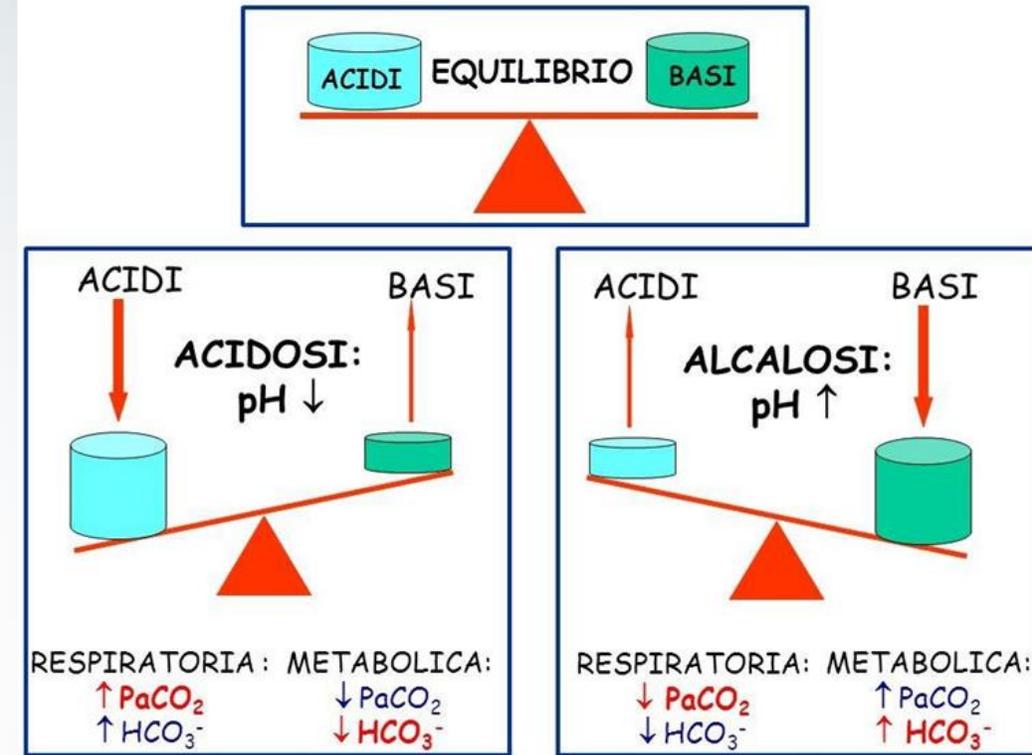
Principali effetti:

- Depressione della trasmissione sinaptica degli impulsi nervosi e crisi del SNC
- Se il valore del pH scende al di sotto del valore 7, la crisi del SNC è grave, il soggetto diventa disorientato, entra in coma e rischia la vita.

L'**alcalosi** è la condizione in cui il pH del sangue arterioso è maggiore di 7,45

Principali effetti:

- Ipereccitabilità del SNC e dei nervi periferici
- I neuroni conducono gli impulsi nervosi ripetutamente anche in assenza di stimolazione
- Nervosismo, spasmi muscolari, perfino convulsioni e morte.



Acidosi e alcalosi metabolica

cause dell'acidosi

- fatica muscolare (acido lattico)
- diabete mellito (acidi dal metabolismo dei lipidi)
- insufficienza renale (accumulo di H⁺ nel plasma)
- diuretici inibitori dell'anidrasi carbonica (minor riassorbimento di HCO₃⁻, [HCO₃⁻] plasmatica)

cause dell'alcalosi

- vomito (perdita di HCl)
- aldosterone (aumentata secrezione renale di H⁺)
- assunzione di sali alcalini (NaHCO₃)

Acidosi e alcalosi respiratoria

- causate da una ridotta o aumentata ventilazione alveolare
- sono entrambe compensate dal riequilibrio acido-base a livello renale coinvolgendo tamponi non bicarbonato (fosfati, proteine plasmatiche)

I **Tamponi** sono sostanze che agiscono in modo rapido per legare temporaneamente gli ioni H^+ rimuovendone l'eccesso da una soluzione corporea, al fine di impedire brusche variazioni di pH.

I principali sistemi tampone dei fluidi corporei sono:

- Il sistema tampone proteico, costituito dall'intero complesso delle proteine presenti nei fluidi corporei.
- Il sistema tampone acido carbonico-bicarbonato, basato sullo ione bicarbonato .
- Il sistema tampone fosfato che presenta, come componenti, gli ioni diidrogeno fosfato e monoidrogenofosfato .

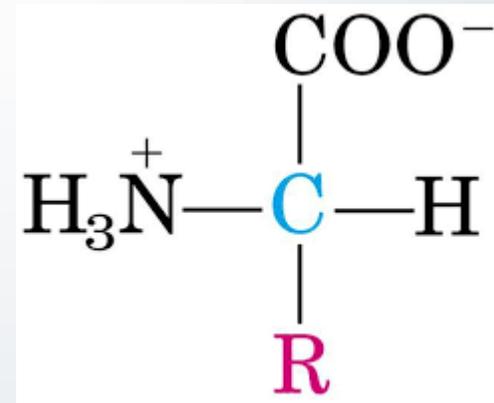
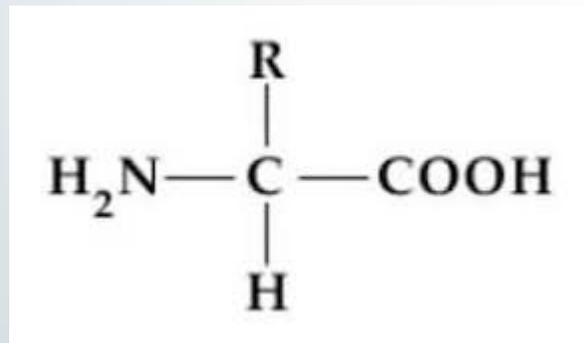
Il sistema tampone proteico

Il sistema tampone proteico è costituito dal complesso delle proteine presenti nei fluidi corporei e rappresenta il tampone più abbondante del fluido intracellulare e del plasma

- L'**emoglobina** è un buon tampone all'interno dei globuli rossi
- L'**albumina** svolge lo stesso compito nel plasma sanguigno

I gruppi operativi del tampone proteico sono i gruppi amminici e carbossilici degli amminoacidi:

- se il pH aumenta, il gruppo $-\text{COOH}$ rilascia ioni H^+ che reagendo con gli ioni OH^- formano acqua
- se il pH diminuisce, il gruppo $-\text{NH}_2$ si combina con gli H^+ formando NH_3^+



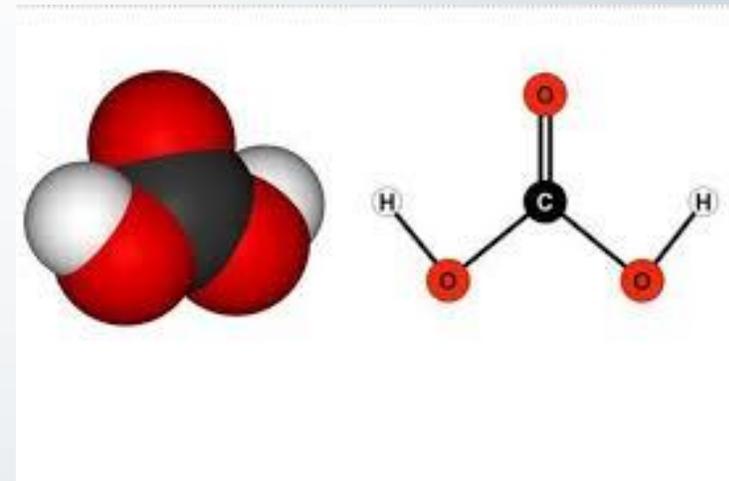
Il sistema tampone acido carbonico - bicarbonato

Tale sistema tampone rappresenta un importante regolatore del pH sanguigno ed è il sistema tampone più abbondante nel liquido extracellulare

Esso si basa sullo ione bicarbonato che agisce come una base forte e sull'acido carbonico (H_2CO_3) che agisce come un acido debole

- In eccesso di ioni H^+ lo ione bicarbonato forma acido carbonico, un acido debole
- In carenza di ioni H^+ l'acido carbonico li fornisce

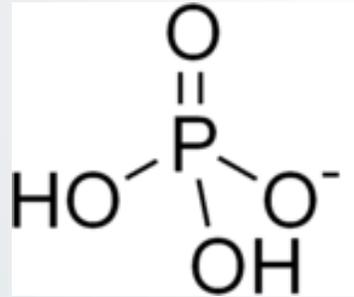
In tal modo le variazioni di pH sono minime.



Il sistema tampone fosfato

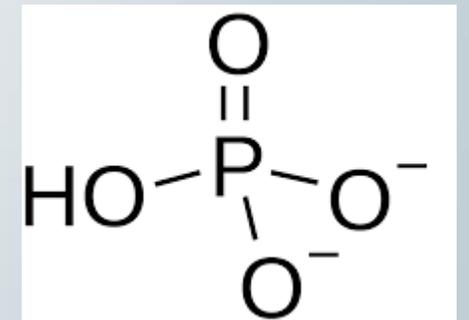
Tale sistema rappresenta il più importante sistema regolatore del pH nel liquido intracellulare (citosol) e tampona gli acidi nell'urina

I fosfati sono i principali anioni del liquido intracellulare e quelli presenti in quantità minore nel liquido extracellulare



Gli ioni diidrogenofosfato agiscono da acidi deboli e sono capaci di tamponare basi forti come OH⁻

Lo ione monoidrogenofosfato invece agisce come base debole ed è capace di tamponare gli H⁺ rilasciati da un acido forte



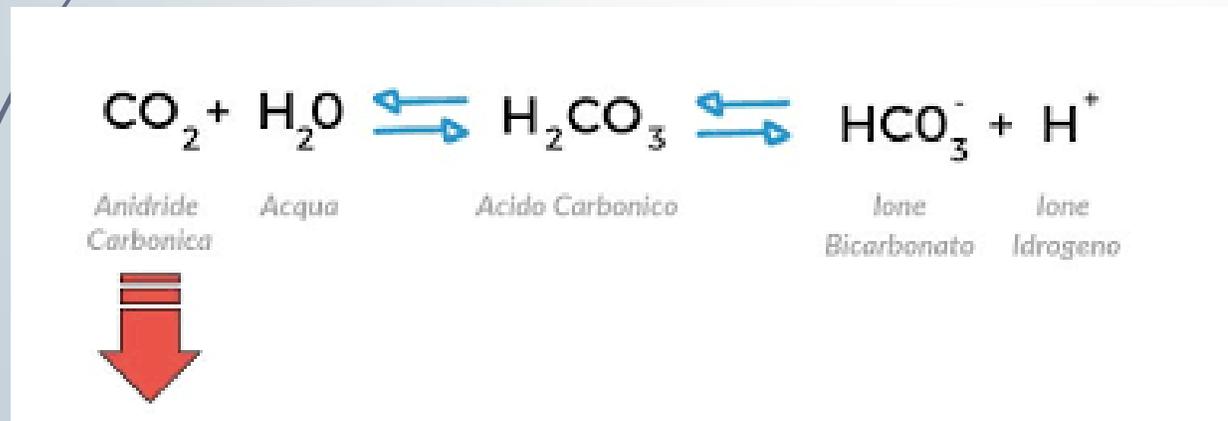
L'espirazione di anidride carbonica

La respirazione riveste un ruolo importante nella regolazione del pH dei fluidi corporei.

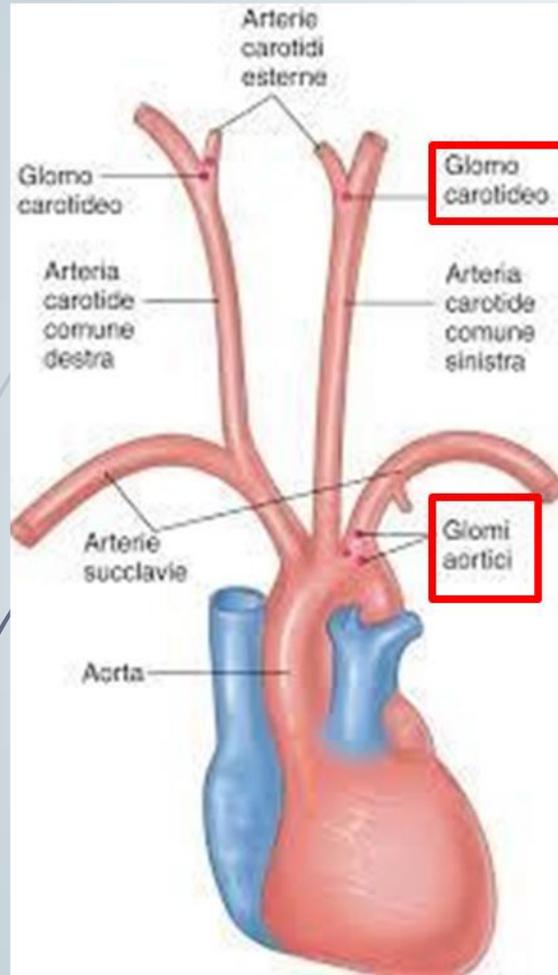
Se la concentrazione di CO₂ aumenta, aumenta anche la [H⁺] con conseguente diminuzione del pH

Se invece il CO₂ diminuisce nei fluidi corporei, diminuisce anche la [H⁺] con conseguente aumento del pH

L'espirazione di CO₂ abbassa la concentrazione di ioni H⁺ nel sangue, cioè ne aumenta la basicità.



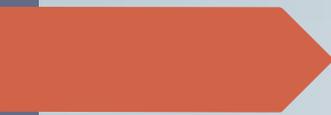
La regolazione del pH



Le alterazioni della velocità e della profondità del respiro possono modificare il pH dei fluidi corporei in pochi minuti.

La loro interazione avviene attraverso un ciclo a feedback negativo, in cui sono coinvolti dei chemiocettori:

- I **chemiocettori centrali** (nel bulbo) registrano i cambiamenti di $[CO_2]$ e di $[H^+]$ nel liquido cerebrospinale
- I **chemiocettori periferici** (glomi aortici e carotidei) sono sensibili alle variazioni di $[CO_2]$ e di $[H^+]$ nel sangue



L'aumento della CO₂ e di H⁺ nel sangue con diminuzione del pH è rilevato dai chemiocettori del midollo allungato e dai glomi aortici e carotidei.

Viene **stimolato il centro inspiratorio** e il diaframma e i muscoli intercostali si contraggono con maggiore forza e frequenza .

Viene eliminata con l'espiazione la CO₂ in eccesso e il pH del sangue si innalza tornando a livelli normali

La rilevazione da parte dei chemiocettori centrali e periferici di una **diminuzione della CO₂ (e di H⁺)** con conseguente innalzamento del pH nel sangue **inibisce il centro inspiratorio** del midollo allungato.

La velocità e la profondità del respiro diminuiscono e con l'espiazione diminuisce la quantità di anidride carbonica eliminata.

La CO₂ si accumula nel sangue e il pH del sangue si abbassa tornando a livelli normali

Escrezione urinaria degli ioni idrogeno

Rappresenta un meccanismo abbastanza lento, ma risulta particolarmente efficace

- Se il **pH ematico diminuisce**:
le cellule dei tubuli renali secernono l'eccesso di ioni H^+ nell'urina e riassorbono bicarbonato
- Se il **pH ematico aumenta** :
le cellule dei tubuli renali secernono ioni bicarbonato nell'urina e riassorbono ioni idrogeno