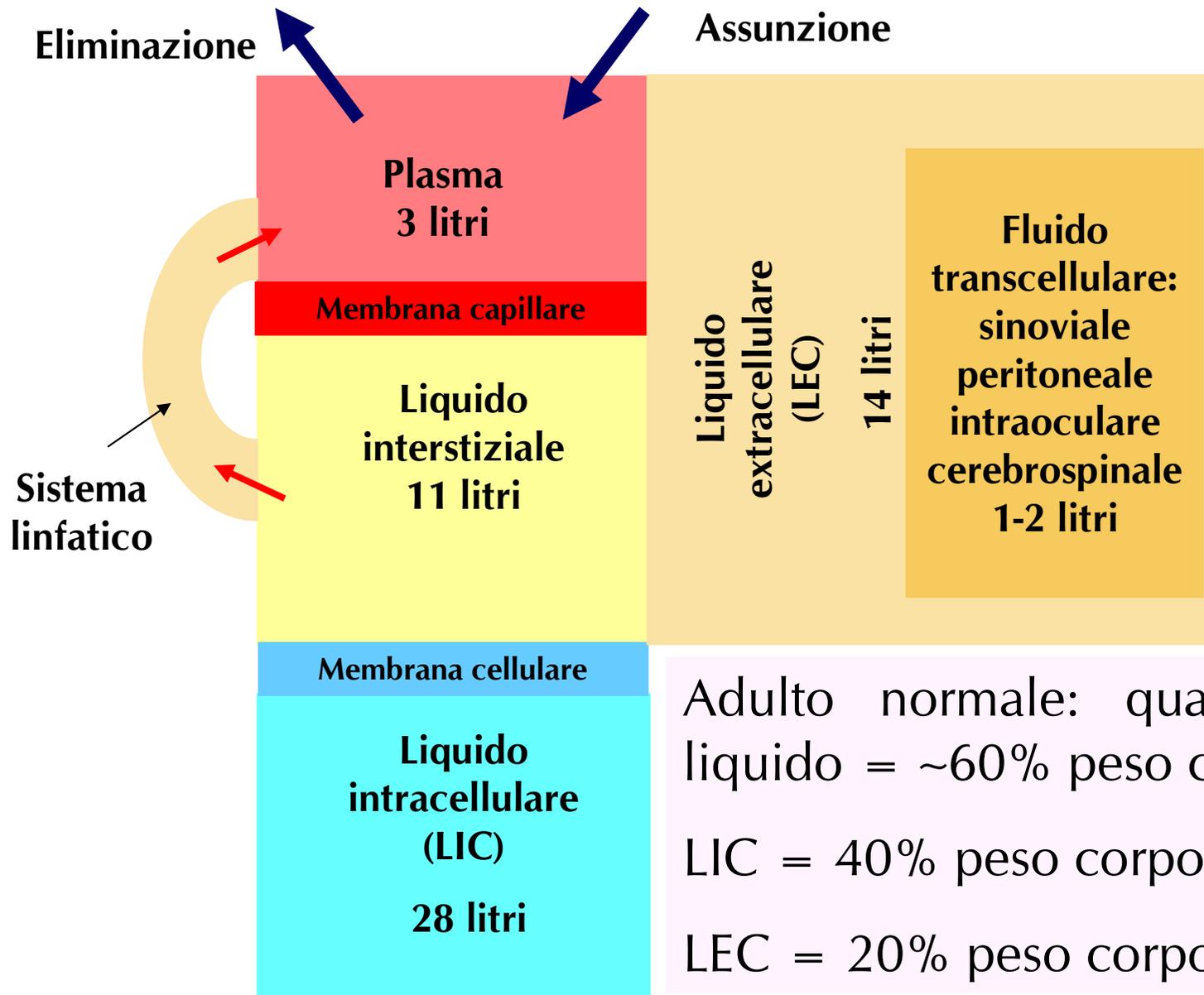


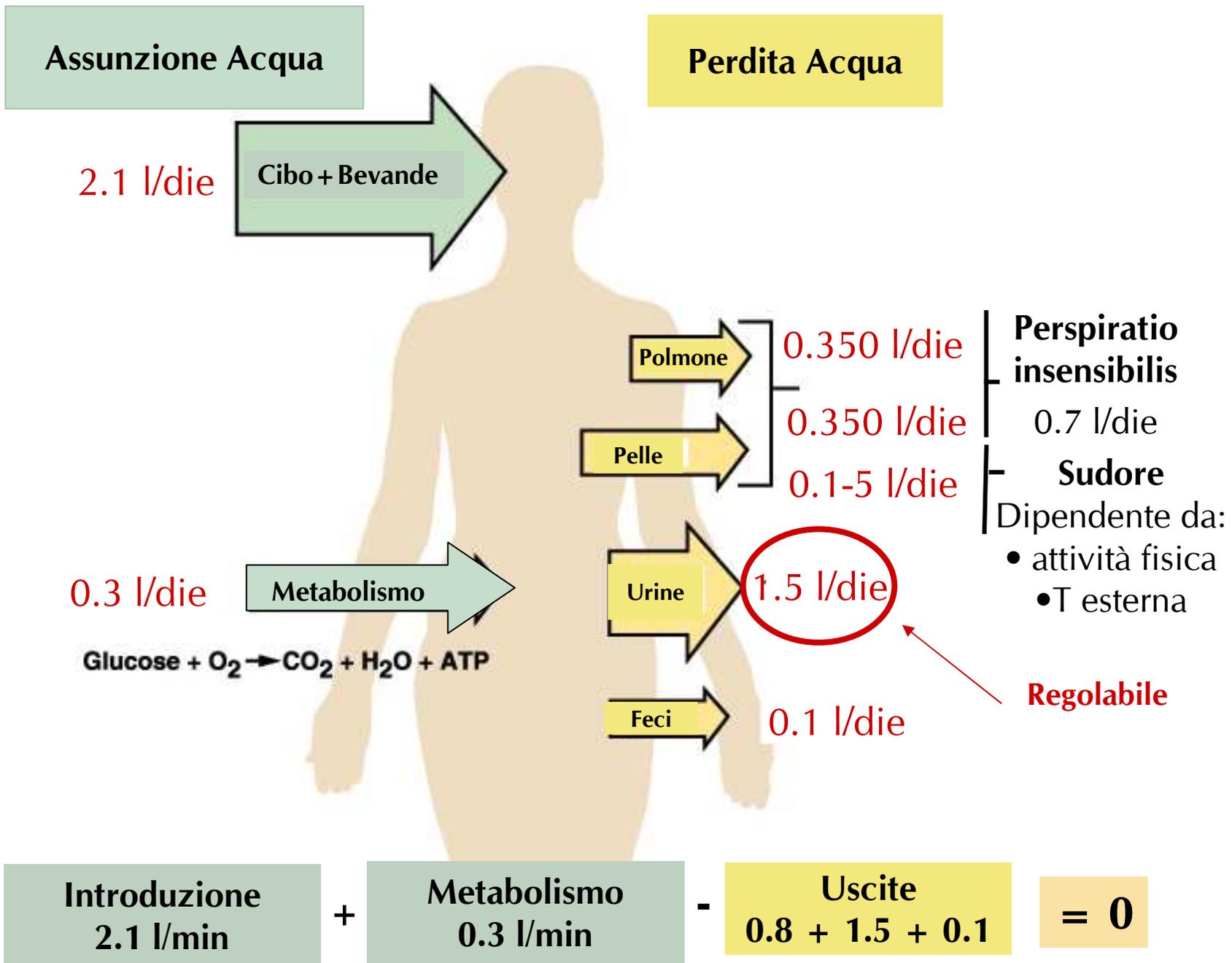
# Bilancio idrico

# I compartimenti liquidi corporei

- E' essenziale per l'omeostasi mantenere costante il **volume dei liquidi corporei** attraverso il bilancio tra assunzione ed eliminazione di  $H_2O$ .
- I reni giocano un ruolo fondamentale nel mantenimento del volume dei liquidi corporei, regolando l'escrezione di  $H_2O$ .

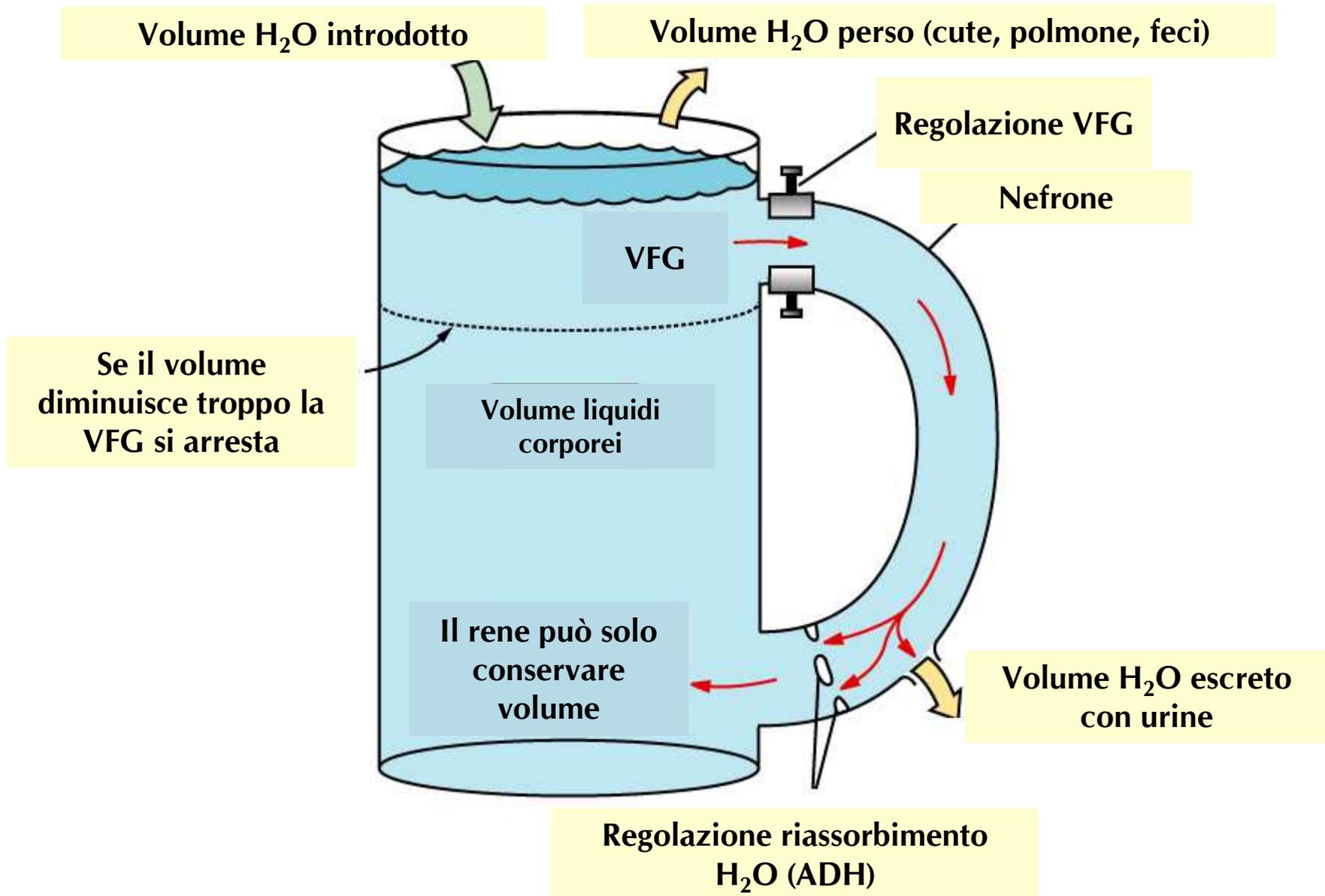
# Distribuzione liquidi corporei





## L'acqua corporea è controllata da:

- **Assunzione:** dipende dai fattori che determinano la sete.
- **Escrezione renale:** dipende dai fattori che influiscono sulla **VFG** e sul **riassorbimento tubulare**.



- Quando c'è scarsa assunzione o elevata eliminazione di  $H_2O$  dall'organismo attraverso altre vie, il rene tende a conservare  $H_2O$  producendo un **volume ridotto di urina iperosmotica rispetto al plasma**.
- Quando l'assunzione di  $H_2O$  è elevata, il rene produce un **elevato volume di urine ipo-osmotiche**.
- In un soggetto normale l'osmolalità dell'urina può variare da 50 a 1200 mOsm/Kg $H_2O$ , mentre il suo volume da 0.5 a 18 l/die.
- Quando il bilancio idrico è alterato, si modifica anche l'**osmolalità** dei liquidi corporei.

- L'H<sub>2</sub>O si muove rapidamente tra i diversi compartimenti liquidi dell'organismo.
- Il movimento attraverso la parete capillare dipende dalle **forze di Starling** (pressione idrostatica e pressione colloid-osmotica).
- Il movimento attraverso le membrane cellulari dipende dalla **differenza di osmolalità tra LIC e LEC**.
- Data la grande permeabilità delle membrane cellulari all'H<sub>2</sub>O, variazioni di osmolalità del LEC o del LIC, comportano rapido movimento di H<sub>2</sub>O tra i due compartimenti che, con l'eccezione di brevi periodi transitori, permette l'equilibrio osmotico tra LEC e LIC.
- Il rene gioca un ruolo fondamentale nel mantenimento dell'**osmolalità** dei liquidi corporei, regolando l'escrezione di H<sub>2</sub>O e soluti (NaCl).

**Osmolarità e osmolalità** vengono spesso confusi e scambiati in modo non corretto.

**Osmolarità** (Osm/l) = pressione osmotica generata dalle molecole di soluto disciolte in 1l di solvente. Dipende dalla temperatura che modifica il volume ( $\uparrow t \rightarrow \uparrow V$ ).

**Osmolalità** = numero di molecole disciolte in 1Kg di solvente. Indipendente dalla t. Preferibile nei sistemi biologici, per le soluzioni fisiologiche si esprime in mOsm/KgH<sub>2</sub>O.

**Osmolarità = C \* coeff. osmotico** (dipende dal numero di particelle dissociabili in soluzione = 1 quando tutte le particelle sono dissociate, nei liquidi corporei è = 0.934, perchè parte delle particelle non si dissociano).

**Pressione osmotica** (misurata in atmosfere) è calcolata dalla legge di van't Hoff = **nCRT**.

n = numero particelle dissociabili per molecola

C = concentrazione totale del soluto

R = costante universale dei gas (0.082 atm l/mol K)

T = 310 K

La pressione osmotica può essere espressa in mmHg (1 atm = 760 mmHg)

La pressione osmotica può essere espressa in termini di osmolarità (indipendentemente dal tipo di molecola una soluzione contenete 1 mmol/l di soluto esercita una pressione di 1 mOsm/l)

## Composizione dei compartimenti liquidi dell'organismo

Soluti	Plasma	Interstizio	Intracellulare
	Concentrazione (mM)		
Sodio	142	139	14
Potassio	4,2	4	140
Calcio	1,3	1,2	$10^{-7}$ M
Magnesio	0,8	0,7	20
Cloro	108	108	4
Bicarbonato	24	28,3	10
Fosfato, idrogeno fosfato	2	2	11
Solfato	0,5	0,5	1
Fosfocreatina/carnosina	0	0	59
Aminoacidi/creatina	2,2	2,2	17
Glucosio	5,6	5,6	8,7
<b>Proteine</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>4</b>
Altro	10	9,1	15,5
<b>Totale (mM)</b>	301,8	300,8	304,2
<b>Osmolarità (mOsm l<sup>-1</sup>)</b>	282	281	281
<b>Pressione osmotica (mmHg) a 37 °C</b>	5.443	5.423	5.423

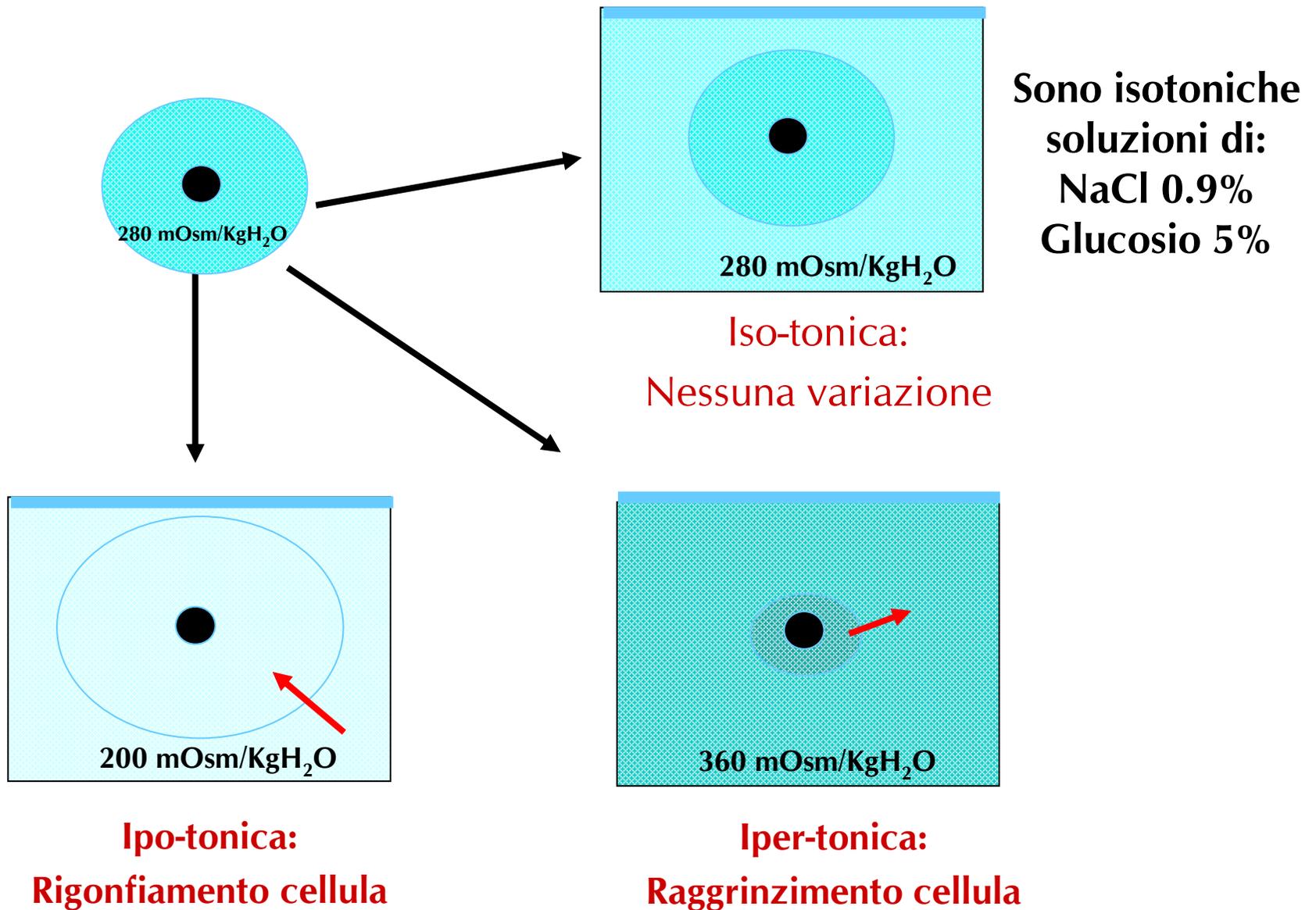
© 2010 edi.ermes milano

La P colloidale del plasma (~ 28 mmHg), determinata dalle proteine che non diffondono attraverso la parete capillare, è solo un duecentesimo della totale, ma è fondamentale per gli scambi con l'interstizio.

## Mantenimento dell'equilibrio osmotico tra LEC e LIC

- Osmolalità di ciascun compartimento ~ **280 mOsm/KgH<sub>2</sub>O**
- Nel **LEC** (liquido interstiziale e plasma), l'osmolalità è determinata per il **90% da ioni Na<sup>+</sup> Cl<sup>-</sup> e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>**
- Nel **LIC** l'osmolalità è determinata per il **50% da ioni K<sup>+</sup>** e per il resto da altre sostanze presenti nelle cellule

# Effetto di soluzioni iso-, ipo- ed iper-toniche sul volume cellulare



- Tutti gli scambi di  $H_2O$  con l'ambiente esterno (infusione endovenosa, assunzione e perdita attraverso l'apparato gastroenterico) avvengono attraverso il **LEC**.
- L'introduzione di soluzioni iso-, ipo- o iper-osmotiche comporta **solo variazioni di volume del LIC e del LEC**, perché l'eventuale differenza di osmolalità tra LIC e LEC viene bilanciata rapidamente dal **movimento di  $H_2O$** , (la membrana cellulare è molto permeabile all' $H_2O$  e quasi totalmente impermeabile a molti soluti).
- Le **variazioni di volume del LIC** sono sempre secondarie a movimenti di  $H_2O$ : **LIC  $\rightarrow$  LEC** o **LEC  $\rightarrow$  LIC**, che si verificano solo in seguito a **modificazioni di osmolalità del LEC**.

Metodo per la valutazione delle variazioni di volume (LEC e LIC) quando si aggiungono soluzioni a diversa osmolarità

$$(V = Q/C, C = Q/V)$$

- 1) Valutare la quantità totale di osmoli presenti (Q, LEC + LIC) e il volume totale (V).
- 2) Valutare l'osmolarità globale **(C) = osmoli totali (Q)/volume totale (V)**.
- 3) Dividere quantità osmoli presenti (Q) in ciascun compartimento, per l'osmolarità globale (C).

## Distribuzione normale

	<b>V (l)</b>	<b>Osm/l</b>	<b>mOsm</b>
<b>LEC</b>	<b>14</b>	<b>280</b>	<b>3920</b>
<b>LIC</b>	<b>28</b>	<b>280</b>	<b>7480</b>
<b>Totale</b>	<b>42</b>	<b>280</b>	<b>11760</b>

## AGGIUNTA SOLUZIONE ISO-OSMOTICA

	Vol (l)	mOsm/l	mOsm
<b>LEC</b> <span style="color: blue; font-size: 2em; vertical-align: middle;">↑</span>	<b>4</b>	<b>200</b>	<b>800</b>
-----	<b>2</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
<b>LIC</b>	<b>4</b>	<b>200</b>	<b>800</b>
-----	<b>4</b>	<b>200</b>	<b>800</b>
<b>Totale</b>	<b>8</b>	<b>200</b>	<b>1600</b>
-----	<b>6</b>	<b>200</b>	<b>1200</b>
<b>Iso-osmotica</b>	<b>+ 2</b>	<b>200</b>	<b>400</b>

## AGGIUNTA SOLUZIONE IPO-OSMOTICA

	Vol (l)	mOsm /l	mOsm
	<b>3</b>	<b>160</b>	<b>480</b>
LEC ↑	<b>2</b>	<b>200</b>	<b>400</b>
	<b>5</b>	<b>160</b>	<b>800</b>
LIC ↑	<b>4</b>	<b>200</b>	<b>800</b>
	<b>8</b>	<b>160</b>	<b>1280</b>
Totale	<b>6</b>	<b>200</b>	<b>1200</b>
<b>Ipo-osmotica + 2</b>	<b>40</b>	<b>80</b>	

## AGGIUNTA SOLUZIONE IPER-OSMOTICA

	Vol (l)	mOsm /l	mOsm
LEC	4,8	250	1200
LIC	3,2	250	800
	4	200	800
Totale	8	250	2000
	6	200	1200
Iper-osmotica +	2	400	800

↑ (next to LEC)  
↓ (next to LIC)

# Come correggere una condizione di iper-osmolarità

Normale

	V (l)	Osm/l	mOsm
LEC	14	280	3920
LIC	28	280	7480
<b>Totale</b>	<b>42</b>	<b>280</b>	<b>11760</b>

Iperosmolarità

	V (l)	Osm/l	mOsm
LEC	14	<b>320</b>	<b>4480</b>
LIC	28	<b>320</b>	<b>8960</b>
<b>Totale</b>	<b>42</b>	<b>320</b>	<b>13440</b>

Calcolare il  
volume =  
(Q/C)

Valutare  
l'osmolarità

Per avere osmolarità normale  
occorrono:

$$13440 \text{ mOsm} / 280 \text{ mOsm/l} = 48 \text{ Litri}$$

$$48 - 42 = \mathbf{6 \text{ litri}}$$

Volume da  
introdurre

	V (l)	Osm/l	mOsm
LEC	16	280	4480
LIC	32	280	8960
<b>Totale</b>	<b>48</b>	<b>280</b>	<b>13440</b>

**Alterazioni del bilancio idrico** sono in genere conseguenza di squilibri nell'introduzione ed escrezione di acqua ed elettroliti.

<b>Disfunzione</b>	<b>Causa</b>	<b>Alterazione</b>	<b>Effetti</b>
<b>Disidratazione isotonica</b>	↑Perdita H <sub>2</sub> O + NaCl (sudorazione intensa, vomito, diarrea, uso diuretici, alterazioni patologiche della funzione renale)	↓LEC	↓volemia collasso cardio-circolatorio
<b>Disidratazione ipertonica</b>	↑Perdita H <sub>2</sub> O (aumento perspirazio insensibilis nella febbre, ipertermia, iperventilazione)	↓LIC	
<b>Disidratazione ipotonica</b>	↑Perdita NaCl	↑LIC	conseguenza più grave edema cerebrale
<b>Iperidratazione isotonica</b>	↑Assunzione H <sub>2</sub> O + NaCl ↓ Diuresi	↑LEC	↑volemia edema
<b>Iperidratazione ipertonica</b>	↑Assunzione NaCl ingestione acqua di mare	↓LIC e ↑LEC	↑diuresi → ↓volemia collasso cardio-circolatorio
<b>Iperidratazione ipotonica</b>	↑Assunzione H <sub>2</sub> O	↑LIC	conseguenza più grave edema cerebrale