

Bilancio idrico

I compartimenti liquidi corporei

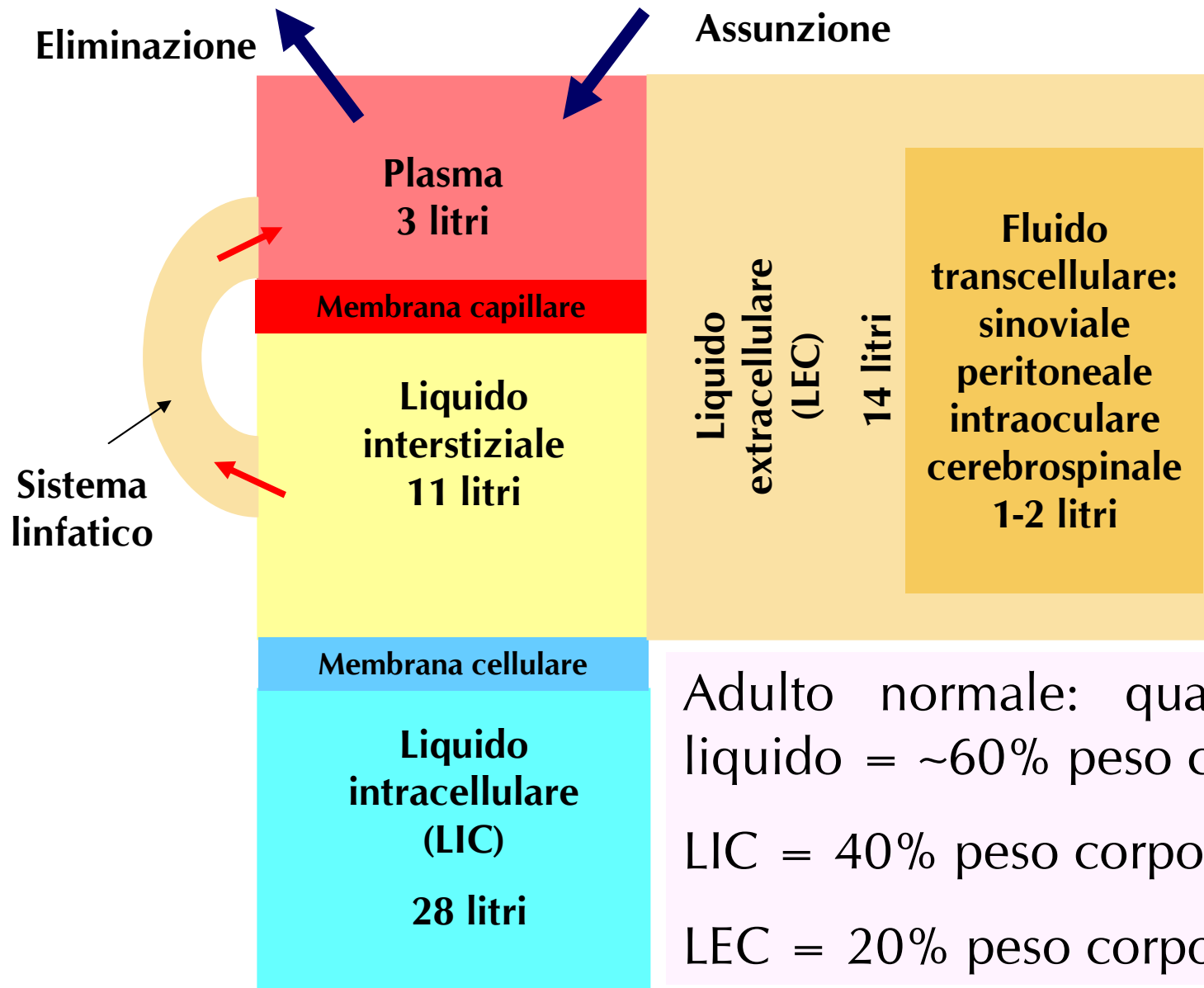
- E' essenziale per l'omeostasi mantenere costanti volume ed osmolalità dei liquidi corporei, attraverso il bilancio tra assunzione ed eliminazione di H_2O e $NaCl$.
- I reni giocano un ruolo fondamentale nel mantenimento del volume e dell'osmolalità dei liquidi corporei, regolando l'escrezione di H_2O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

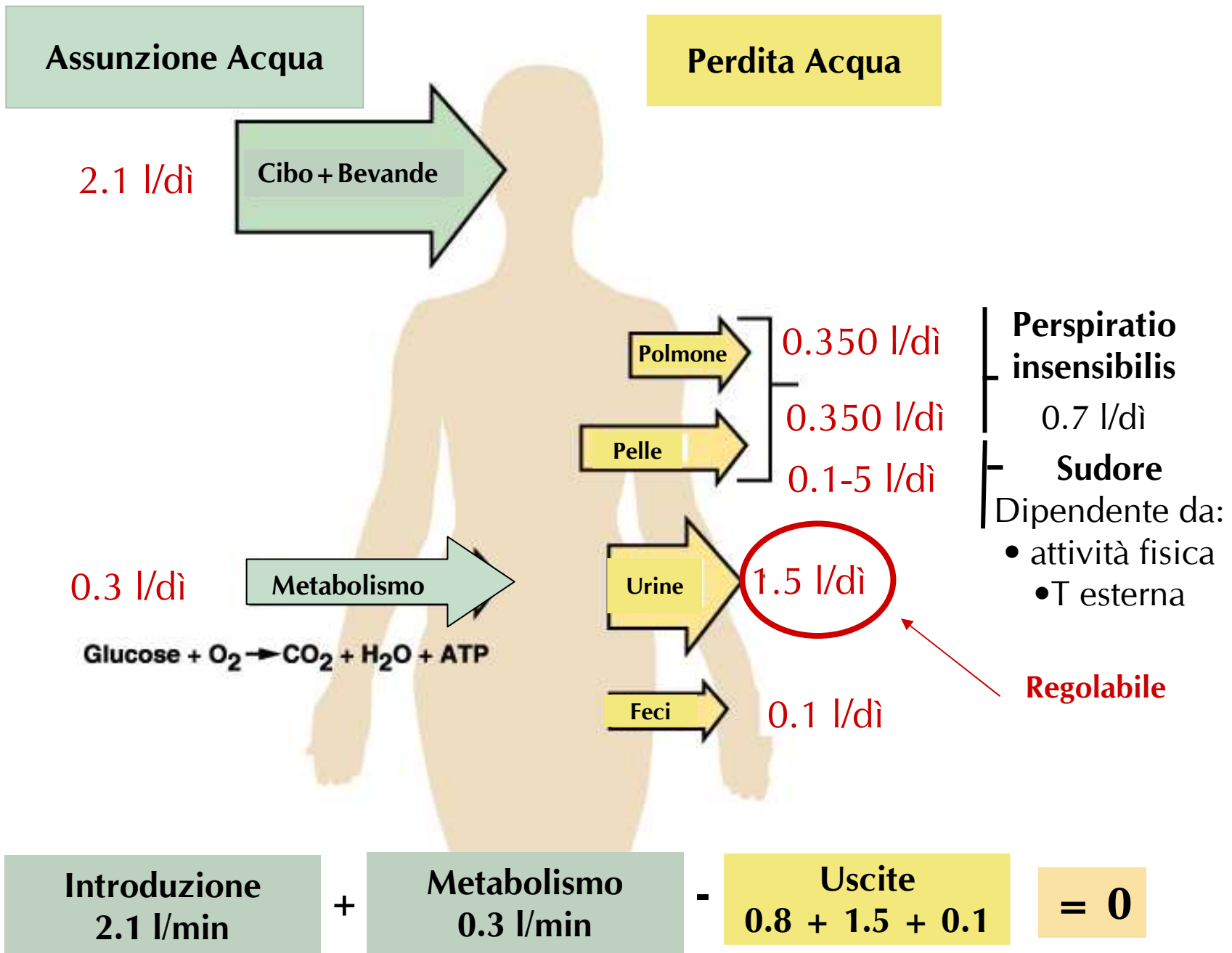
Osmolarità e osmolalità vengono spesso confusi e scambiati in modo non corretto.

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/Kg H_2O .

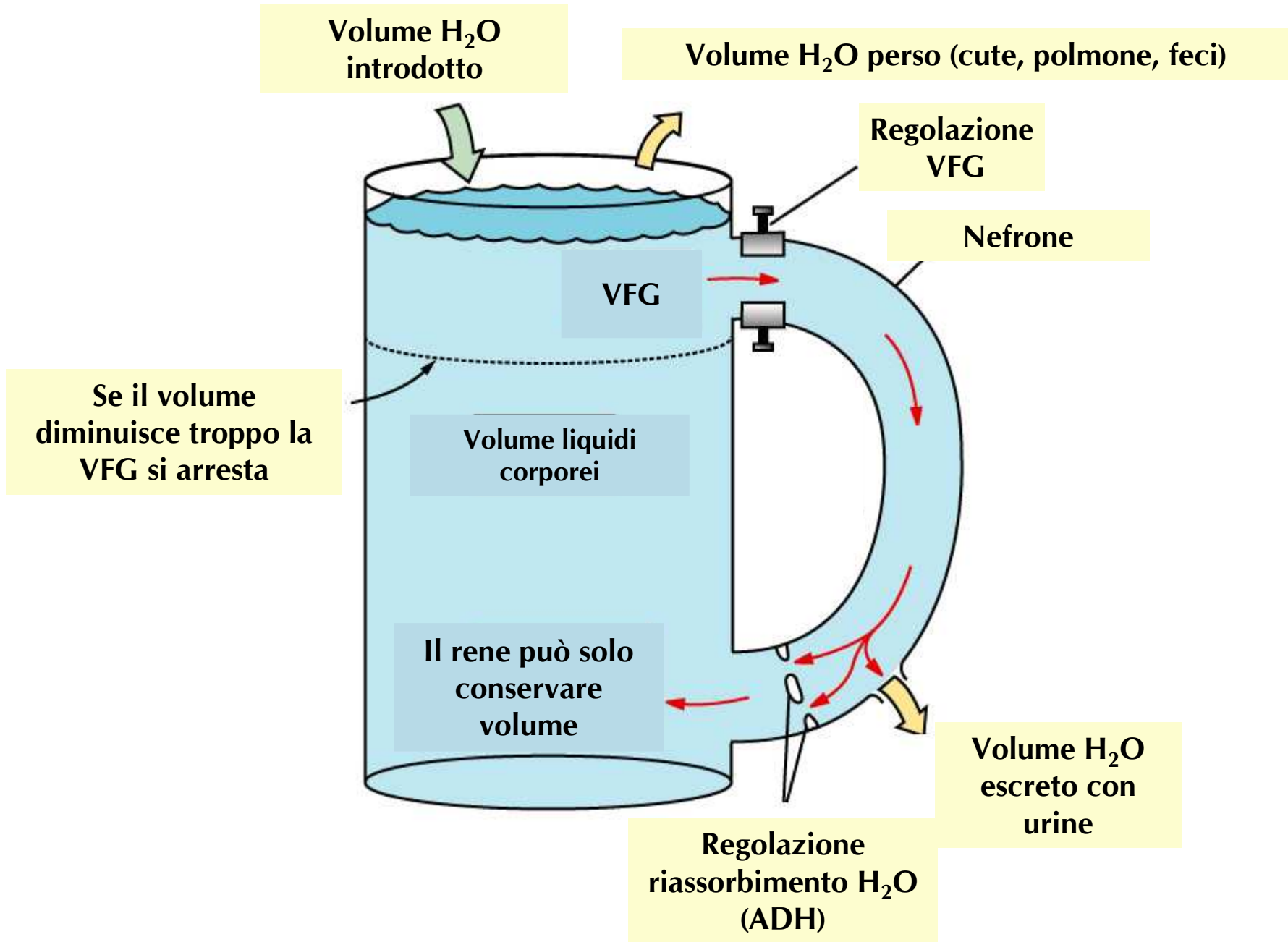
Distribuzione liquidi corporei





L'acqua corporea è controllata da:

- **Assunzione di acqua:** dipende dai fattori che determinano la sete.
- **Escrezione renale di acqua:** dipende dai fattori che influiscono sulla **VFG** e sul **riassorbimento tubulare**.
- Quando l'assunzione di acqua è scarsa o acqua viene persa dall'organismo attraverso altre vie, il rene tende a conservare acqua producendo un **volume ridotto di urina iper-osmotica rispetto al plasma**.
- Quando l'assunzione di acqua 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/KgH₂O, 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'acqua si muove rapidamente tra i diversi compartimenti liquidi dell'organismo.
- Il movimento di acqua attraverso la parete capillare dipende dalle **forze di Starling** (pressione idrostatica e pressione colloidale-osmotica).
- Il movimento di acqua attraverso le membrane cellulari dipende dalla **differenza di osmolalità tra LIC e LEC**.
- Data la grande permeabilità delle membrane cellulari all'acqua, variazioni di osmolalità del LEC o del LIC, comportano rapido movimento di acqua tra i due compartimenti che, con l'eccezione di brevi periodi transitori, permette l'equilibrio osmotico tra LEC e LIC.

La composizione dei compartimenti liquidi regola gli scambi di acqua e soluti

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
Proteine	1,2	0,2	4
Altro	10	9,1	15,5
Totale (mM)	301,8	300,8	304,2
Osmolarità (mOsm l⁻¹)	282	281	281
Pressione osmotica (mmHg) a 37 °C	5.443	5.423	5.423

© 2010 edi.ermes milano

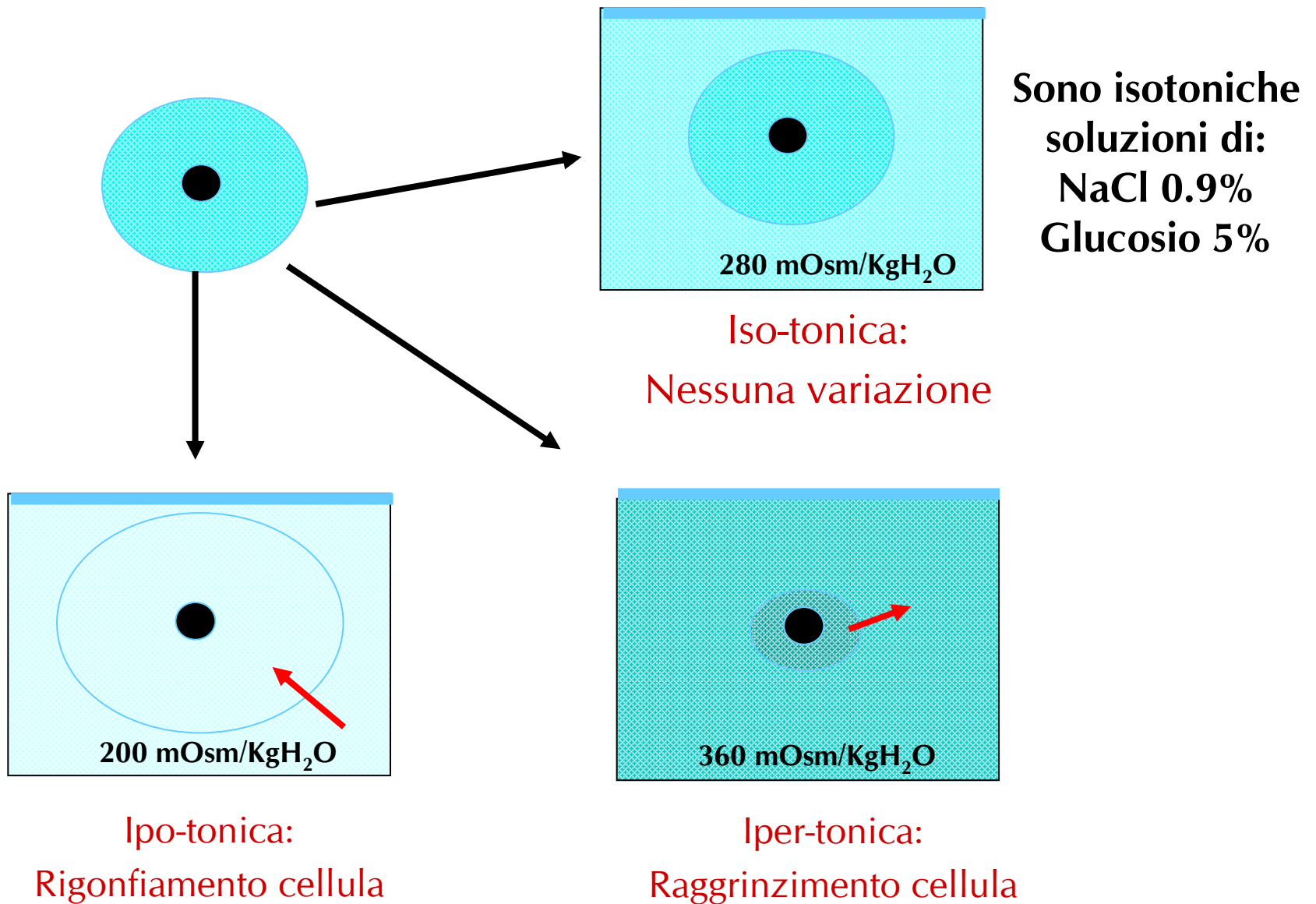
Osmolarità = $C \cdot \text{coeff. osmotico}$ (0.934, perchè parte delle particelle è legata e non partecipa).

Pressione osmotica = $R \cdot T \cdot C$ (legge di van't Hoff). La P oncotica 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/KgH₂O**
- Nel **LEC** (liquido interstiziale e plasma), l'osmolalità è determinata per il 90% da ioni Na⁺ Cl⁻ e HCO₃⁻
- Nel **LIC** l'osmolalità è determinata per il 50% da ioni K⁺ 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 acqua 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 acqua, (la membrana cellulare è molto permeabile all'acqua e quasi totalmente impermeabile a molti soluti).
- Le variazioni di volume del LIC sono sempre secondarie a movimenti di acqua: **LIC → LEC** o **LEC → 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).

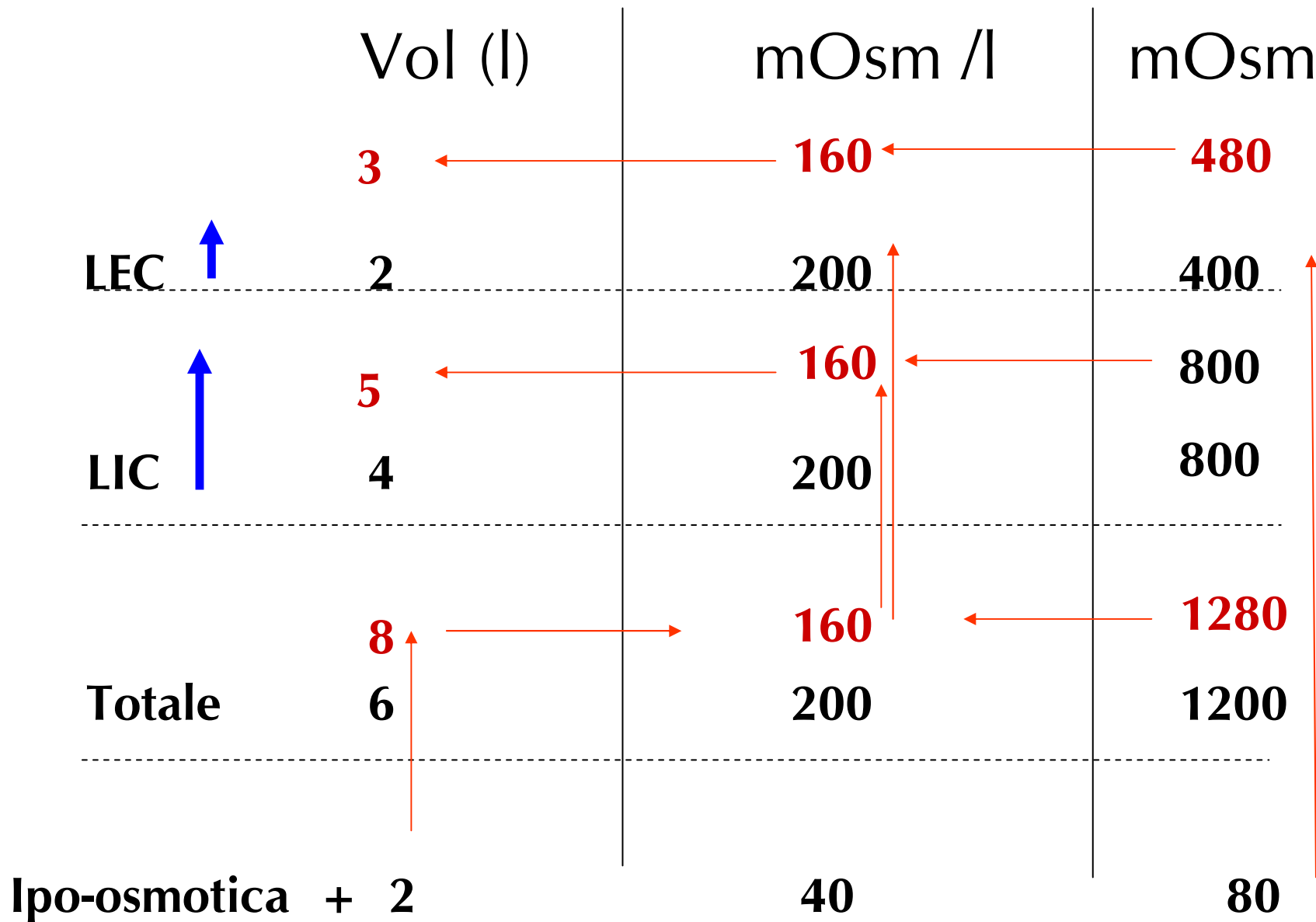
Distribuzione normale

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

AGGIUNTA SOLUZIONE ISO-OSMOTICA

	Vol (l)	mOsm/l	mOsm
LEC ↑	4	200	800
LIC	2	200	400
Totale	4	200	800
Iso-osmotica +	2	200	400
Totale	8	200	1600
Totale	6	200	1200

AGGIUNTA SOLUZIONE IPO-OSMOTICA



AGGIUNTA SOLUZIONE IPER-OSMOTICA

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

Come correggere una condizione di iper-osmolarità

Normale

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

Iperosmolarità

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

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
Totale	48	280	13440

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

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