

Equilibrio Na⁺ E ACQUA

Prof. Gianluca Corsonello– 4/10/2023- Autori: Denise Pizzo, Antonio Mainente – Revisionatore: Chiara Fortino

Le alterazioni dell'equilibrio di sodio e acqua sono strettamente correlate agli squilibri idrici e possono svilupparsi a causa di variazioni dei gradienti osmotici causate dall'apporto o dalla perdita di Sali. Allo stesso modo, gli squilibri sodici si manifestano con alterazioni del volume idrico dell'organismo. Generalmente le alterazioni sono classificabili come variazioni di tonicità o come variazioni della concentrazione di elettroliti in relazione all'acqua. Le alterazioni possono pertanto essere classificate come isotoniche, ipertoniche o ipotoniche.

- **Isotonico**(iso-osmolare) = eccesso o perdita di liquido extracellulare, associato a isosmolarità, cioè una condizione in cui non si modificano le concentrazioni dei soluti, mantenendo un'osmolarità all'interno del liquido extracellulare di una soluzione fisiologica allo 0,9% di NaCl. (Il termine isotonic si riferisce a una soluzione che ha la stessa concentrazione di soluti del plasma);
- **Ipertoniche**(iperosmolare) = si alterano le concentrazioni dei soluti, quindi un incremento dei soluti dovuto ad eccesso di perdita di acqua;
- **Ipotonico**(ipo-osmolare) = dovuto ad aumento idrico, quindi ad un aumento dell'acqua o ad una perdita di soluti, per cui vi è una riduzione dell'osmolarità;

Tutte queste condizioni determinano poi delle conseguenze a livello dell'organismo stesso a seconda del tipo di alterazione presente.

LE ALTERAZIONI ISOTONICHE

Le alterazioni isotoniche si manifestano quando le variazioni dell'acqua corporea totale sono accompagnate da variazioni proporzionali delle quantità di elettroliti e di acqua. Per esempio, se un individuo perde plasma puro (durante un'emorragia ad esempio) o LEC(liquido extracellulare), il volume di liquido diminuisce ma la quantità e il tipo di elettroliti (per es., di sodio) e l'osmolarità rimangono all'interno del range di normalità. Sostanzialmente durante l'emorragia si ha un danno al vaso e si ha la perdita di liquido e soluti in egual misura. Un ulteriore esempio l'abbiamo durante i drenaggi (anche post-chirurgici) in quanto, quando viene posizionato un drenaggio, può succedere che, attraverso quest'ultimo, il riassorbimento di liquido porti con sé una corrispondente quantità di elettroliti, per cui la riduzione della volemia è una riduzione isotonica, cioè si mantengono le concentrazioni di soluti all'interno del LEC.

Un'altra causa possibile di alterazione di tipo isotonic legata a delle quantità eccessive di liquidi corporei isotonic può essere dovuta a un'eccessiva somministrazione di soluzione fisiologica (NaCl 0,9%) per via endovenosa o a un'eccessiva secrezione di aldosterone con conseguente ritenzione renale di sodio e di acqua. La perdita di liquidi isotonic provoca **ipovolemia**. Ai pazienti con insufficienza renale grave, prima di iniziare la dialisi, la terapia prevede di espandere il volume plasmatico attraverso la somministrazione di soluzione fisiologica fino all'eccesso, che potrebbe però causare alterazioni importanti fino al sovraccarico e all'edema polmonare. È necessaria dunque estrema cautela. I segni e i sintomi di queste situazioni sono legati alle condizioni di partenza, ad esempio se il paziente ha una disidratazione isotonica e una perdita di liquido extracellulare, si manifesta con i segni tipici della disidratazione quali secchezza della cute e delle mucose, diminuzione dell'escrezione urinaria, aumento dell'ematocrito e sintomi di ipovolemia. Quando abbiamo ipovolemia isotonica, inevitabilmente avremo anche un incremento della frequenza cardiaca (si svuotano le camere cardiache e vi è l'appiattimento delle vene del collo, di conseguenza i barocettori innescano meccanismi di risposta con incremento della pressione cardiaca per compensare

l'abbassamento della pressione arteriosa; nelle condizioni più gravi può insorgere uno shock ipovolemico (ipotensione grave).

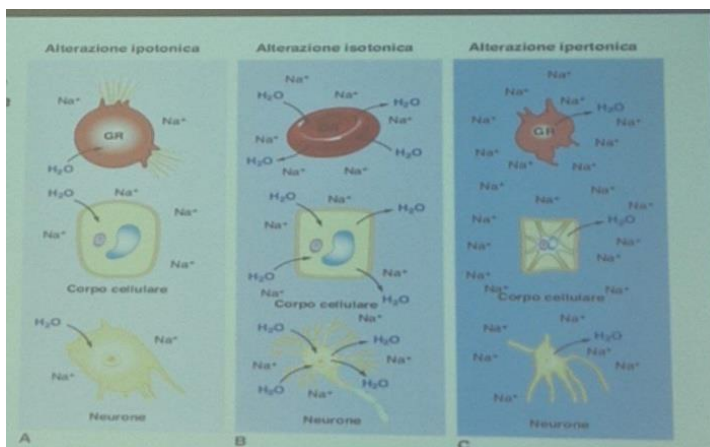
L'eccesso di liquidi isotonici, invece, provoca **ipervolemia**. Tra le cause vi sono l'eccessiva somministrazione di liquidi per via endovenosa, l'ipersecrezione di aldosterone, gli effetti di farmaci quali il cortisone (perché ha un effetto simile all'aldosterone, cioè, causa una ritenzione idrica e di sodio considerevole) o la presenza di insufficienza renale.

Sono anche presenti segni quali aumento ponderale e diminuzione dell'ematocrito e della concentrazione proteica plasmatica, dovuta all'effetto diluente dell'eccessivo volume plasmatico. Le vene del collo possono dilatarsi, con aumento della pressione arteriosa. La maggiore pressione idrostatica capillare determina la comparsa di edema. Se il volume plasmatico è sufficientemente elevato, si sviluppano insufficienza cardiaca e edema polmonare (i liquidi invadono il tessuto polmonare impedendo gli scambi gassosi).

Nelle alterazioni isotoniche le cellule mantengono comunque un certo equilibrio a loro interno nonostante la perdita di liquidi e soluti, quindi, "soffrono" ma molto meno rispetto alle altre condizioni.

Effetti delle alterazioni della concentrazione extracellulare di sodio nei globuli rossi, nelle cellule corporee e nei neuroni.

- Alterazione ipotonica: la diminuzione della concentrazione di sodio (Na^+) (iponatriemia) nel LEC determina un'attrazione osmotica dell'acqua da parte del LIC, con rigonfiamento e possibile rottura delle cellule.
- Alterazione isotonica: concentrazione normale di sodio nel LEC e nessuna variazione dello spostamento di liquidi all'esterno o all'interno delle cellule.
- Alterazione ipertonica: un aumento della concentrazione di sodio nel LEC (ipernatriemia) determina un'attrazione osmotica dell'acqua all'esterno delle cellule, con conseguente raggrinzimento delle stesse. GR, globulo rosso.



LE ALTERAZIONI IPERTONICHE (studiare tabella)

Le alterazioni ipertoniche dei liquidi si presentano quando l'osmolarità del LEC è superiore alla norma (> 294 mOsm). Tra le cause più comuni figurano la maggiore concentrazione di sodio nel LEC

(ipernatriemia) o la carenza di acqua libera (dunque le concentrazioni di soluti non sono compensate dall'acqua). In entrambi i casi l'ipertonicità del LEC attrae l'acqua dallo spazio

FATTORE CAUSALE	MECCANISMO	EFFETTI SUL LEC	EFFETTI SUL LIC
Aumento del sodio (ipernatriemia)	Eccesso di soluzioni saline ipertoniche Sodio ipertonico per via endovenosa Aborti indotti con soluzione salina Formule selezionate per neonati Iperaldosteronismo Sindrome di Cushing	Iperovolemia Aumento ponderale Polso scoccante Aumento della pressione arteriosa Edema Distensione venosa Sintomi neuromuscolari Debolezza muscolare Crisi convulsive	Disidratazione intracellulare Sete Febbre Diminuzione dell'escrezione urinaria Raggrinzimento delle cellule cerebrali Confusione Coma Emorragia cerebrale
Carenza idrica	Deprivazione idrica Stato confusionale o coma Incapacità di comunicare Perdita della sete Perdita idrica Diaree acquose Diabete insipido Diuresi eccessiva Diaforesi eccessiva	Ipoovolemia Perdita di peso Pulsazioni deboli Ipotensione posturale Tachicardia	Disidratazione intracellulare Vedi sopra
Altri fattori	Iperglicemia	Iponatriemia diluzionale iniziale Poliuria Polidipsia Perdita di peso Ipoovolemia Ipernatriemia tardiva	Disidratazione intracellulare Vedi sopra

intracellulare all'esterno della cellula nel tentativo di ripristinare l'equilibrio, causando la disidratazione del LIC.

Se ad aumentare è soprattutto la quantità di sodio nel LEC, si ha come risultato un'attrazione osmotica dell'acqua e sintomi di ipervolemia. Al contrario, uno stato ipertonico causato principalmente dalla perdita di acqua libera è causa di ipovolemia. Quindi abbiamo due condizioni delle alterazioni ipertoniche: una accompagnata da ipervolemia secondaria, cioè dal trasferimento di acqua dall'interno all'esterno per compensare l'eccesso di soluti e l'altro, si può dire indiretto in quanto non c'è un vero e proprio aumento del sodio ma vi è una diminuzione dell'acqua e di conseguenza il sodio risulta maggiore.

Cosa succede al livello del LEC? La perdita idrica è di entità tale da causare ipovolemia, ipotensione e di conseguenza comparsa di tachicardia nel tentativo di compensare la riduzione della pressione arteriosa.

Gli effetti sul LIC sono identici, caratterizzati da disidratazione cellulare.

Al di là del sodio, ci sono altri fattori capaci di causare questo tipo di disidratazione, e uno di essi è l'iperglicemia, una condizione tipica dei pazienti diabetici. Quando si verifica l'iperglicemia, inizialmente a livello extracellulare si ha un effetto di diluizione, in quanto il nostro organismo cerca di trattenere liquidi per diluire i livelli elevati di glucosio. Successivamente, il rene, che risponde più lentamente, comincia a richiamare acqua nei tubuli renali in presenza di glucosio e quindi ad espellerla. Questo processo porta a un aumento dei livelli di sodio e a una perdita di volume nel corpo. Anche in questo caso gli effetti sul LIC sono identici, caratterizzati da disidratazione cellulare.

IPERNATREMIA

L'ipernatremia è una condizione che si manifesta quando il livello sierico di sodio supera 147 mEq/L. L'aumento della concentrazione di sodio può essere causato dalla perdita di acqua o dall'aumento acuto di sodio. Con la perdita di acqua si verifica disidratazione sia del LIC sia del LEC. L'aumento della concentrazione del Na⁺ nel LEC determina disidratazione intracellulare e ipervolemia.

Quando si verifica una condizione di questo genere?

- La febbre, per mezzo della tipica sudorazione, può essere causa di un aumento delle concentrazioni di sodio o infezioni delle vie respiratorie, che aumentano la frequenza respiratoria e la perdita di acqua dai polmoni.
- Carezza di Ormone Antidiuretico (ADH), che potrebbe essere causata da diabete insipido
- Le Poliurie (maggiore frequenza minzionale)
- La sudorazione abbondante e la diarrea causano una perdita idrica in relazione alla concentrazione di sodio. I neonati e popolazione anziana affetti da grave diarrea sono particolarmente vulnerabili.
- Assunzione insufficiente d'acqua (soggetti immobilizzati, in stato comatoso o alimentate tramite il sondino gastrico in cui non è semplice stabilire quale sia il giusto apporto di acqua)

L'aumento della ritenzione sodica si manifesta a causa di:

- Somministrazione inadeguata di soluzione salina ipertonica, per esempio quando somministriamo un eccesso di soluzioni;
- Ipersecrezione di aldosterone in cui il riassorbimento di sodio supera il riassorbimento idrico;
- Sindrome di Cushing (causata da un'eccessiva secrezione di ormone adrenocorticotropo: ACTH; che causa anche l'aumento della secrezione di aldosterone).

Negli individui sani, elevate quantità di sodio nella dieta causano solo raramente segni di ipernatriemia, poiché il sodio viene eliminato dai reni. Tuttavia, l'aumento della quantità di sodio nella dieta (apporto superiore a 5 g al giorno) è associato a malattie cardiovascolari.

MANIFESTAZIONI CLINICHE

- L'acqua viene redistribuita nello spazio extracellulare, con conseguente disidratazione intracellulare.
- L'ipernatriemia è associata a sete, febbre, secchezza delle mucose, ipotensione, tachicardia, bassa pressione venosa giugulare e irrequietezza.
- L'edema polmonare si manifesta quando l'acqua passa dal LIC nello spazio interstiziale e in particolare l'interstizio polmonare; la membrana di scambio a livello polmonare permette una regolazione molto fine degli scambi tra O₂ e CO₂, inoltre il polmone a un'azione quasi immediata nella regolazione del PH. Il problema è che la presenza di acqua a quel livello crea una condizione in cui non avviene lo scambio gassoso.

I sintomi che coinvolgono il sistema nervoso centrale sono i più gravi e sono secondari ad alterazioni del potenziale di membrana e al raggrinzimento delle cellule cerebrali. Tra i sintomi figurano spasmi muscolari e iper-reflessia (riflessi iperattivi), stato confusionale, coma, convulsioni ed eccesso di distensione delle pareti dei seni venosi che può causare delle fissurazioni. La parete venosa è molto meno resistente di quella arteriosa e quindi una distensione può portare ad eventi di tipo emorragico a livello cerebrale.

VALUTAZIONE E TERAPIA.

Il livello sierico di sodio è solitamente superiore a 147 mEq/ L. In caso di perdita idrica, il peso specifico delle urine sarà superiore a 1,030 e i livelli di ematocrito e proteine plasmatiche saranno superiori alla norma.

- Il trattamento dell'ipernatriemia prevede la somministrazione di un liquido isotonico privo di sali (5% di destrosio in acqua) fino al ripristino della normale concentrazione di sodio sierico.
- L'apporto di liquido deve avvenire lentamente per scongiurare l'edema cerebrale, monitorando allo stesso tempo la concentrazione ematica di sodio.
- L'ipervolemia e l'ipovolemia richiedono il trattamento della condizione clinica che ne è alla base.

La vera e propria carenza di acqua è un qualcosa che dobbiamo considerare non troppo frequente, anche se esistono popolazioni specifiche particolarmente esposte a questo pericolo (anziani e bambini). Il termine disidratazione fa riferimento alla carenza di acqua, ma viene comunemente utilizzato per indicare sia la perdita di acqua sia la perdita di sodio (disidratazione isotonica o iso-osmolare).

I pazienti in condizioni particolarmente gravi, pazienti in coma o pazienti con vari tipi di disordini neurologici sono tipi di pazienti che sono soggetti a una continua perdita idrica insensibile attraverso la cute e i polmoni, con una formazione minima obbligatoria di urina. Anche l'iperventilazione dovuta a febbre può aggravare la carenza idrica. La causa più comune di perdita idrica è la maggiore clearance renale di acqua libera, conseguenza di una compromissione della funzione tubulare renale o dell'incapacità di concentrare l'urina, come avviene nel diabete insipido (ADH ridotto o assente).

MANIFESTAZIONI CLINICHE.

La carenza idrica marcata si manifesta con sintomi di disidratazione: cefalea, sete, secchezza della cute e delle mucose, calo ponderale, diminuzione dell'escrezione urinaria e urine concentrate (con l'eccezione del diabete insipido). Il turgore cutaneo può risultare normale o diminuito. Possono essere presenti sintomi di ipovolemia, quali tachicardia, pulsazioni deboli e ipotensione posturale.

VALUTAZIONE E TERAPIA.

Una perdita idrica moderata è associata a un aumento dell'ematocrito e della concentrazione sierica di sodio, dell'osmolalità di urina e siero e del peso specifico dell'urina.

- Per il trattamento si deve somministrare acqua e arrestare la perdita di liquidi. La somministrazione di liquidi deve avvenire lentamente per evitare il rapido passaggio dell'acqua in sede cerebrale, che può determinare edema, crisi convulsive, lesioni cerebrali e morte.
- Nei casi in cui è richiesta un'integrazione di liquidi per via endovenosa, si utilizzano soluzioni saline ipotoniche o di destrosio al 5% in acqua, poiché l'acqua pura provoca una grave alterazione degli eritrociti.

SUMMARY

Effetti delle alterazioni della concentrazione extracellulare di sodio nei globuli rossi, nelle cellule corporee e nei neuroni.

- Alterazione ipotonica: la diminuzione della concentrazione di sodio (Na) (iponatriemia) nel LEC determina un'attrazione osmotica dell'acqua da parte del LIC, con rigonfiamento e possibile rottura delle cellule.
- Alterazione isotonica: concentrazione normale di sodio nel LEC e nessuna variazione dello spostamento di liquidi all'esterno o all'interno delle cellule.
- Alterazione ipertonica: un aumento della concentrazione di sodio nel LEC (ipernatriemia) determina un'attrazione osmotica dell'acqua all'esterno delle cellule, con conseguente raggrinzimento delle stesse. GR, globulo rosso.

Caso clinico raccontato dal professore: Questo paziente viveva in zone rurali ed era affetto da iperventilazione continua durante i picchi febbrili e da disidratazione. Nonostante diversi test, tutti i risultati erano negativi, inclusi gli indicatori di sepsi e le emocolture. Altre caratteristiche cliniche includono una fibrosi polmonare, per la quale è stato trattato con terapia antibiotica, e significative variazioni degli elettroliti, non limitate al sodio. In un determinato momento, il paziente ha registrato un crollo nella conta dei globuli bianchi, il che ha portato a una biopsia midollare ossea. Questa procedura ha rivelato la presenza di leishmaniosi. Pochi giorni dopo, il paziente è morto.