

Trastornos del sodio



Servicio de Nefrología

Marzo 2007

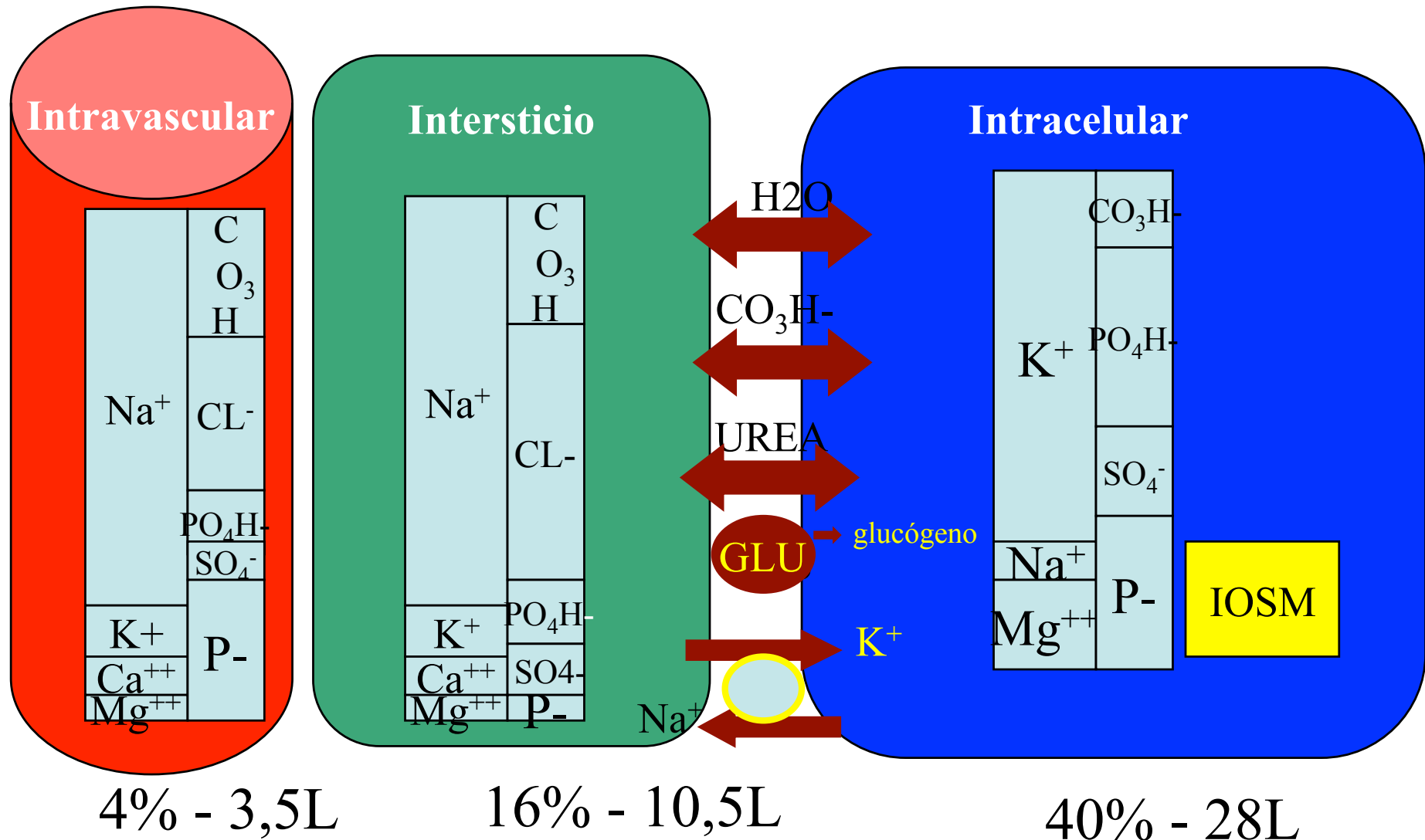
Dr. Fernando Lombi



Hay tres principios que rigen el equilibrio hidroelectrolítico:

- *Equilibrio químico*: Los solutos se desplazan de medios de mayor a menor concentración.
- *Equilibrio osmótico*: El agua se desplaza de medios muy diluidos a medios muy concentrados.
- *Equilibrio eléctrico*: Principio de neutralización de cargas.

Compartimientos corporales.



Todos los procesos de transportes de moléculas a través de la membrana celular se hallan subordinados a una condición básica conocida como ***efecto Donnan***. Este puede ser a nivel:

- **Intracelular**
- **Extracelular.**

A nivel ***celular*** se encuentran:

- Aniones no difusibles o “atrapados”
- Aniones difusibles

Los primeros determinan el reordenamiento de los segundos. Este reordenamiento se genera por el predominio de osmoles dentro de la célula, situación que provoca el influjo de agua.

La capacidad de penetración de un soluto a través de una membrana se expresa mediante el ***coeficiente de reflexión*** de la membrana para ese soluto.

Na: tiene un coeficiente de reflexión de 1 (o 100%), es decir que no puede atravesar la membrana.

Urea: posee un coeficiente de reflexión de 0,3 a 0,5, la U_r aumenta al inicio en el LEC pero luego difunde al interior del LIC hasta equilibrarse.

Si una sustancia tiene un coeficiente de reflexión de 0, esta sustancia tiene libre pasaje, por lo que no existe flujo de agua neto.

A nivel **extracelular** entre el compartimento intersticial e intravascular:

Este “efecto” se encuentra formando parte de lo que es la concentración de albúmina y determina la presión oncótica del plasma que es de 28 mmHg. A un pH dado (7,40) en las proteínas predominan las cargas negativas, lo que determina que diferentes cationes se unan a ellas con el fin de neutralizar las cargas. De los 28 mmHg de presión oncótica 19 provienen de la albumina y los 9 restantes de los cationes que se unen a ellas.

Osmolaridad vs tonicidad...?

Una Sc. es isotónica con respecto al plasma si no altera el volumen del GR.

La osmolalidad efectiva tiene en cuenta la presencia de los iones no penetrantes e ignora a los penetrantes, que se equilibran entre ambos lados de la membrana.

LA OSMOLALIDAD EFECTIVA O TONICIDAD ES LA QUE DETERMINA EL PASAJE DE AGUA ENTRE LOS COMPARTIMENTOS.

Como se determina la osmolalidad...?

Hay 2 formas:

- OSMOLALIDAD medida: osmometro
- OSMOLALIDAD calculada:

$$\text{Osm: } 2(\text{Na} + \text{K}) + \frac{(\text{Urea})}{6} + \frac{(\text{Glucosa})}{18}$$

Dado que la Ur atraviesa la membrana su contribución a la OSM es despreciable y la glucosa salvo que se saturen sus mecanismos de transporte transcelular también es despreciable

Reabsorción obligada:

Ocurre en el túbulo proximal, es siempre isosmótica.

Reabsorción facultativa:

Se da en los segmentos distales y túbulos colectores tiene la capacidad de disociar el agua de los solutos a través de la ADH y la tonicidad del medio intracelular.

La *presión osmótica* depende del número de partículas en solución y no de su masa.

La cc. de una solución en términos de **número de partículas** (y no de masa de soluto) se expresa en osmol o miliosmoles/L.

Un osmol = PM en gramos de una molécula no dissociable en solución x número de partículas en las que se disocia.

Ejemplos...



Solución dextrosada al 5%, posee 5 gr de glucosa por cada 100ml de agua.

PM glucosa = 180. Es decir 1 mol de glucosa = 180 gr.

Por lo que 1000 ml de Sc. Dextrosada al 5% posee 0,27 moles de glucosa o 270 mmol de glucosa ($50 : 180 = 0,27$). Al ser la glucosa una molécula NO dissociable, 270 mmol es = 270 miliosmoles mOSM. (Plasma 290 mOSM).

Ejemplos...



Solución de NaCl al 0,9%, posee 0,9 gr de NaCl por cada 100 ml de agua = 9 gr de NaCl por cada Litro de agua.

PM NaCl = 58,5. Un mol de NaCl pesa 58,5 gr.

9 gr = 0,154 moles de NaCl o 154 mmol.

¡¡¡¡¡¡¡¡¡¡...ATENCIÓN...!!!!!!!



Cada molécula de NaCl se disocia en molécula de Cl y una molécula de Na, por lo que el rendimiento osmótico de 1 mol de NaCl será de 2 osmoles. Un L de sc NaCl 0,9% posee 154 mmol, pero 308 mOSM (154 x2=308).

HIPONATREMIA

Se considera *HIPONATREMIA* cuando encontramos un valor por debajo de 130 mEq/L.

- 1% de los pacientes hospitalizados.
- 5% de los pacientes postquirurgicos.
- 25% de los pacientes internados desarrolla hiponatremia.
- Hiponatremia = hipotonicidad.
- Incapacidad para diluir la orina.

Evaluación inicial...

¿Es real...?

Se debe chequear el valor de laboratorio...

Repetir muestra.

Hecho el diagnóstico de hiponatremia:

- Buscar **síntomas** de encefalopatía.
- Tomar **muestras de sangre y orina** antes de tratar.
- **Sangre:** ionograma, urea, creatinina, glucemia.
- **Orina aislada:** densidad urinaria, urea, creatinina, ionograma, química con tira reactiva.

Hiponatremia manifestaciones clínicas

- Nivel de Na alcanzado.
- Velocidad de instalación.
- Edad del paciente.
- Adaptación cerebral.

Tener en cuenta...

¿ Encefalopatía hiponatremica?

SI: Edema cerebral → Peligro de muerte



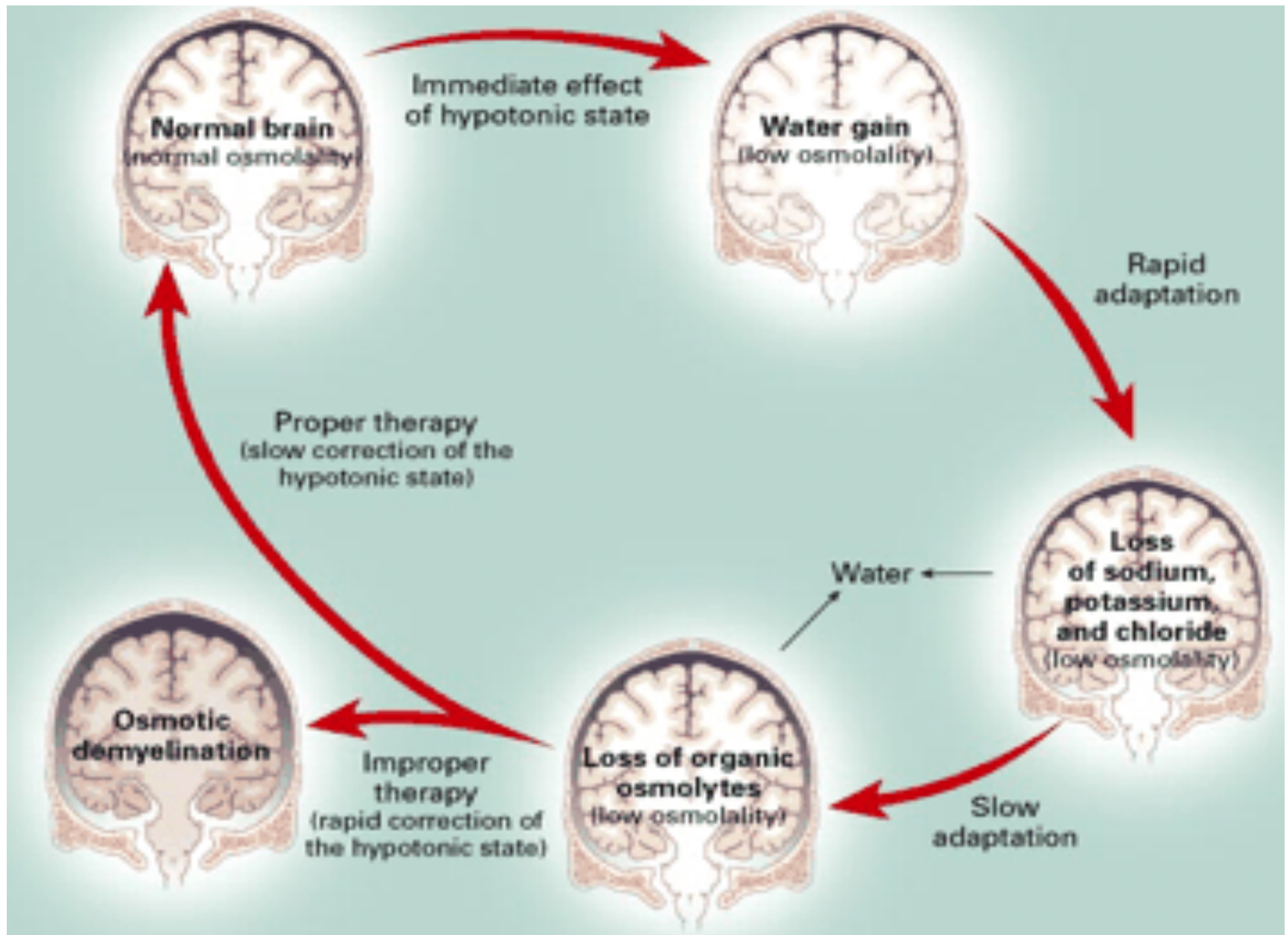
↓
URGENCIA

Signos y síntomas de encefalopatía hiponatémica

- Cefalea, delirio.
- Cambios de personalidad.
- Deterioro de conciencia.
- Foco neurológico.
- Temblor.
- Convulsiones.
- Enclavamiento.
- Paro respiratorio

Encefalopatía hiponatrémica

- Emergencia médica: tratamiento urgente.
- Insuficiencia adaptación del SNC a la hipotonia del LEC.
- Descenso de la natremia > 12 mEq/L/día.



Hiponatremia asintomática o crónica

- Velocidad de instalación $< 12\text{mEq/L/}$ día.
- Adecuada adaptación cerebral.
- No realizar corrección rápida.
- Se puede estudiar su etiología.

Clasificación de la HipoNa de acuerdo a la evaluación del LEC...

Volumen del LEC:

- *Volumen de liquido intersticial*
 - Aumento o disminución del peso
 - Turgencia de la piel y mucosas
- *Volumen de liquido intravascular*
 - Relleno capilar
 - Diuresis horaria
 - Valores de Ur y Cr
 - Rx. Tórax
 - Hipotensión ortostática

➤ **HipoNa hipertónica o PseudohipoNa**

Se presenta por la presencia de osmoles efectivos no permeables en el LEC.

AGUA: LIC  LEC

Disminución de la concentración de Na en el LEC
(por efecto osmótico).

CAUSAS:

- Hiperglucemia (Mas frecuente)
- Manitol
- Glicerol

***Natremia corregida = Na plasma + (glucosa – 100) x
0,016
(mEq/L)***

Se reconoce por una natremia corregida $> o = a$ 130 mEq/L
con una OSM plasmática $> a$ 270 mOsm/L.

➤ **HipoNa con contracción del LEC**

Mecanismo: Déficit mixto de Na y agua

LEC: Disminuido (hipovolemia)

Causas:

Perdida renal

- Diuréticos
- Enf. De Adisson
- Nefritis perdedora de sal
- Bicarbonaturia
- Diuresis osmótica

Na orina: > 20 mEq/L

Perdida extrarrenal

- Vómitos
- Diarrea
- Tercer espacio
- Quemaduras

Na orina: < 10 mEq/L

OSMOLARIDAD plasmática es alta >270 mOSM/Kg

➤ **HipoNa con LEC normal**

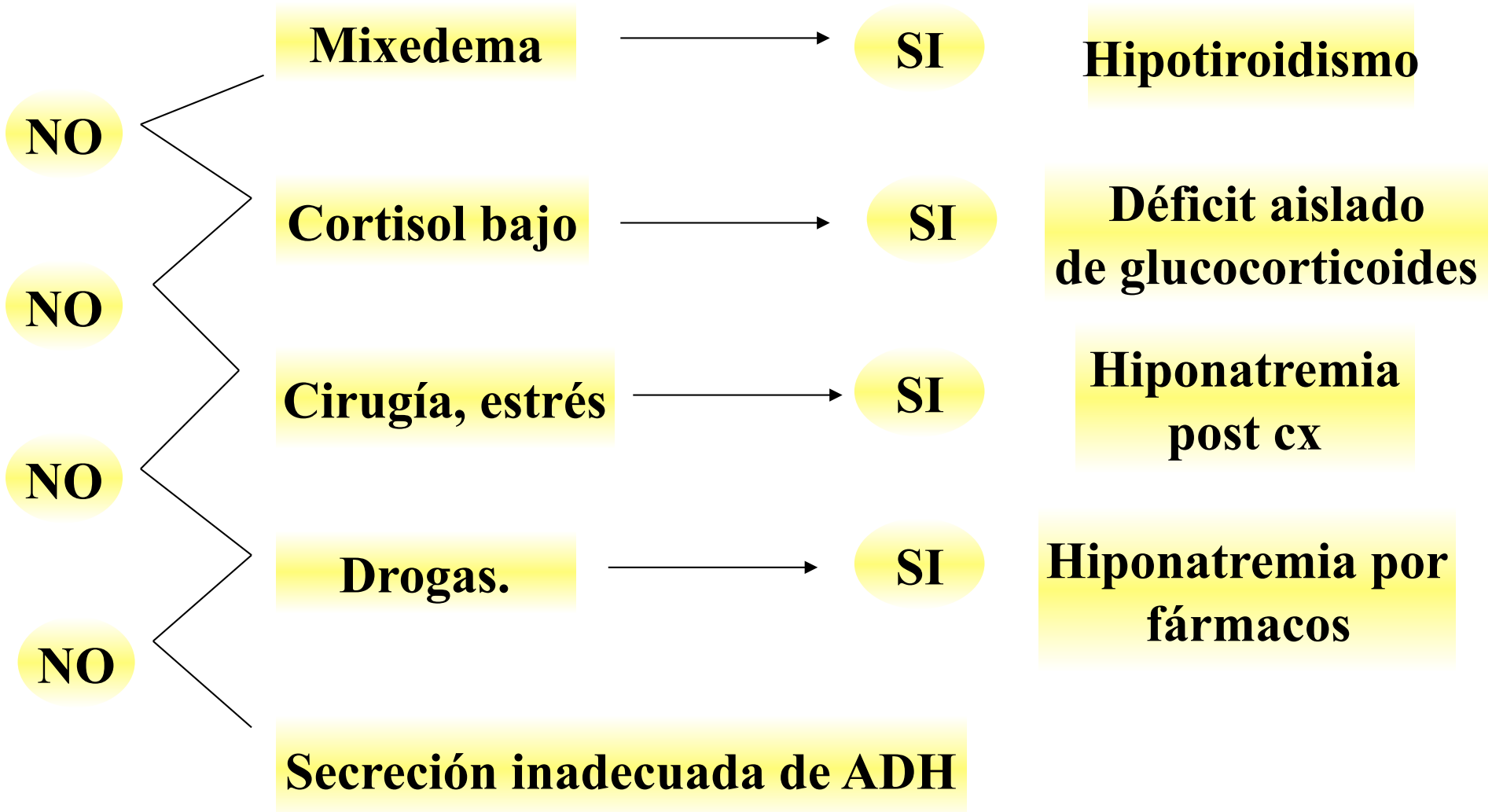
Mecanismo: Exceso de agua

LEC: Aumentado sin edema

Causas:

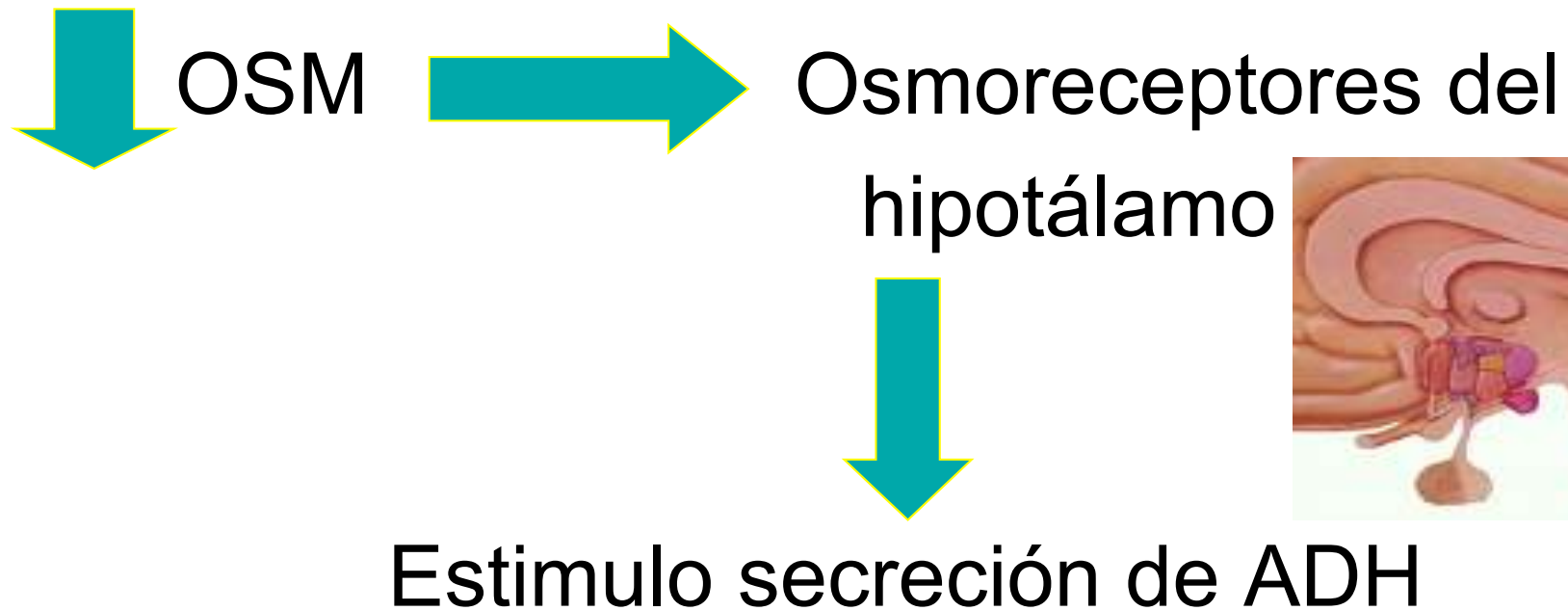
- Estrés
- Post. Qx
- Hipotiroidismo
- Déficit de glucocorticoides
- SIHAD (Primaria, Tumores, Enf. SNC, TBC, NAC, ARM)
- Potomanos

Na urinario > 30 mEq/L (cuando no hay déficit corporal total de Na)



SIHAD

- Hiponatremia hipotónica.
- Antidiuresis inadecuada.
- Función renal, hipofisaria y suprarrenal normal.
- Ausencia de hipovolemia.
- Ausencia de edema.
- Respuesta a la restricción hídrica.



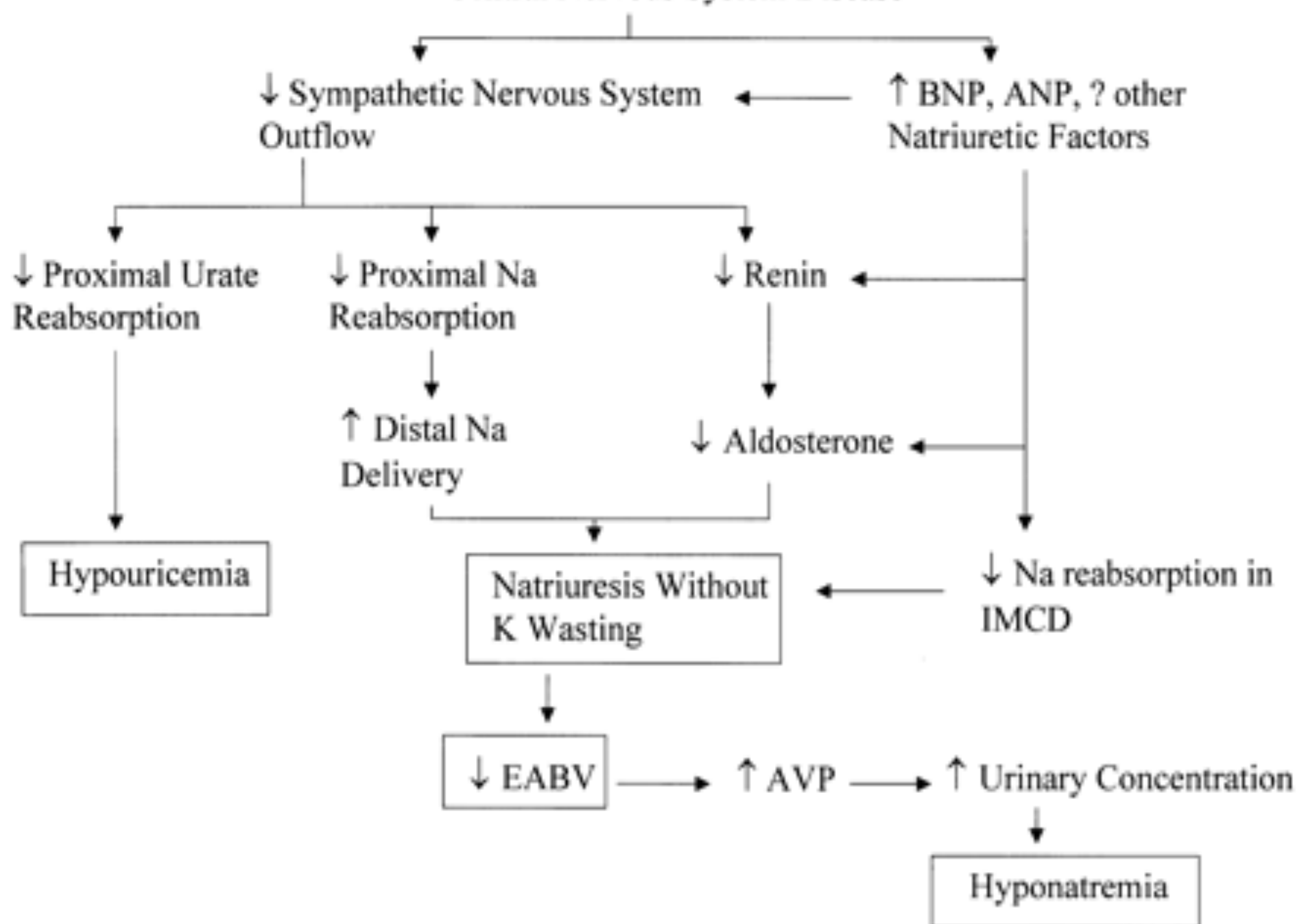
Cuando la OSM cae por debajo de 275 mOsm/Kg la secreción de ADH cesa.
Por el contrario $OSM >$ la secreción $>$.

La secreción de ADH puede ser **independiente** de la OSM.

Estímulos independientes de la OSMOLARIDAD:

- Hipovolemia
- Náuseas, dolor, stress POP
- Neoplasias (pulmón)
- Drogas: haloperidol, vincristina, carbamazepina, ciclofosfamida y AINE`s

Central Nervous System Disease



Donde encaja el ácido urico y la urea...?

Sirve para distinguir pacientes “euvolemicos” de los “hipovolemicos”.



Euvolemicos: Valores normales de acido urico y urea.

Hipovolemicos : Valores de acido urico normal mientras que los de urea se encuentran incrementados.

➤ HipoNa con expansión del LEC

Mecanismo: Exceso de agua y sodio

LEC: Aumentado (edemas)

Causas:

<i>Pérdida extrarenal</i>	<i>Pérdida renal</i>
<ul style="list-style-type: none">- Sdme. Nefrotico- Cirrosis hepática- Insuficiencia cardiaca	<ul style="list-style-type: none">- IRA- IRC
Na orina < 20 mEq/L	Na orina > 20 mEq/L

OSMOLARIDAD plasmática < 270 mOSM/Kg



Tratamiento...

FORMULAS FOR USE IN MANAGING HYPONATREMIA
AND CHARACTERISTICS OF INFUSATES.

FORMULA*

1. Change in serum $\text{Na}^+ = \frac{\text{infusate Na}^+ - \text{serum Na}^+}{\text{total body water} + 1}$

Estimate the effect of 1 liter of any infusate on serum Na^+

2. Change in serum $\text{Na}^+ = \frac{(\text{infusate Na}^+ + \text{infusate K}^+) - \text{serum Na}^+}{\text{total body water} + 1}$

Estimate the effect of 1 liter of any infusate containing Na^+ and K^+ on serum Na^+

INFUSATE	INFUSATE Na^+	EXTRACELLULAR-FLUID DISTRIBUTION
	mmol per liter	%
5% Sodium chloride in water	855	100†
3% Sodium chloride in water	513	100†
0.9% Sodium chloride in water	154	100
Ringer's lactate solution	130	97
0.45% Sodium chloride in water	77	73
0.2% Sodium chloride in 5% dextrose in water	34	55
5% Dextrose in water	0	40

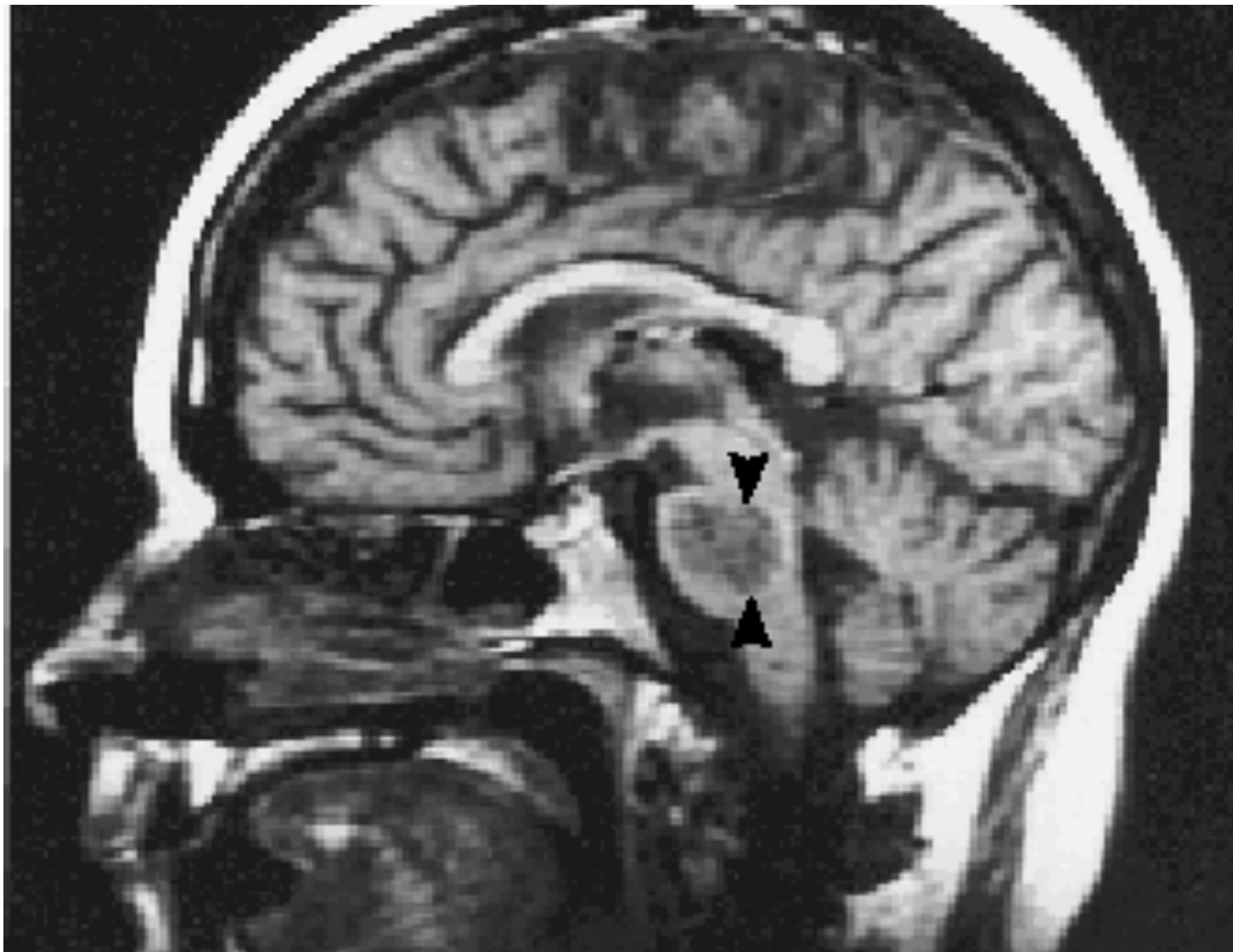
- $mEq/Na = (Na\ d - Na\ a) \times (0,6 \times Kg.\ peso)$

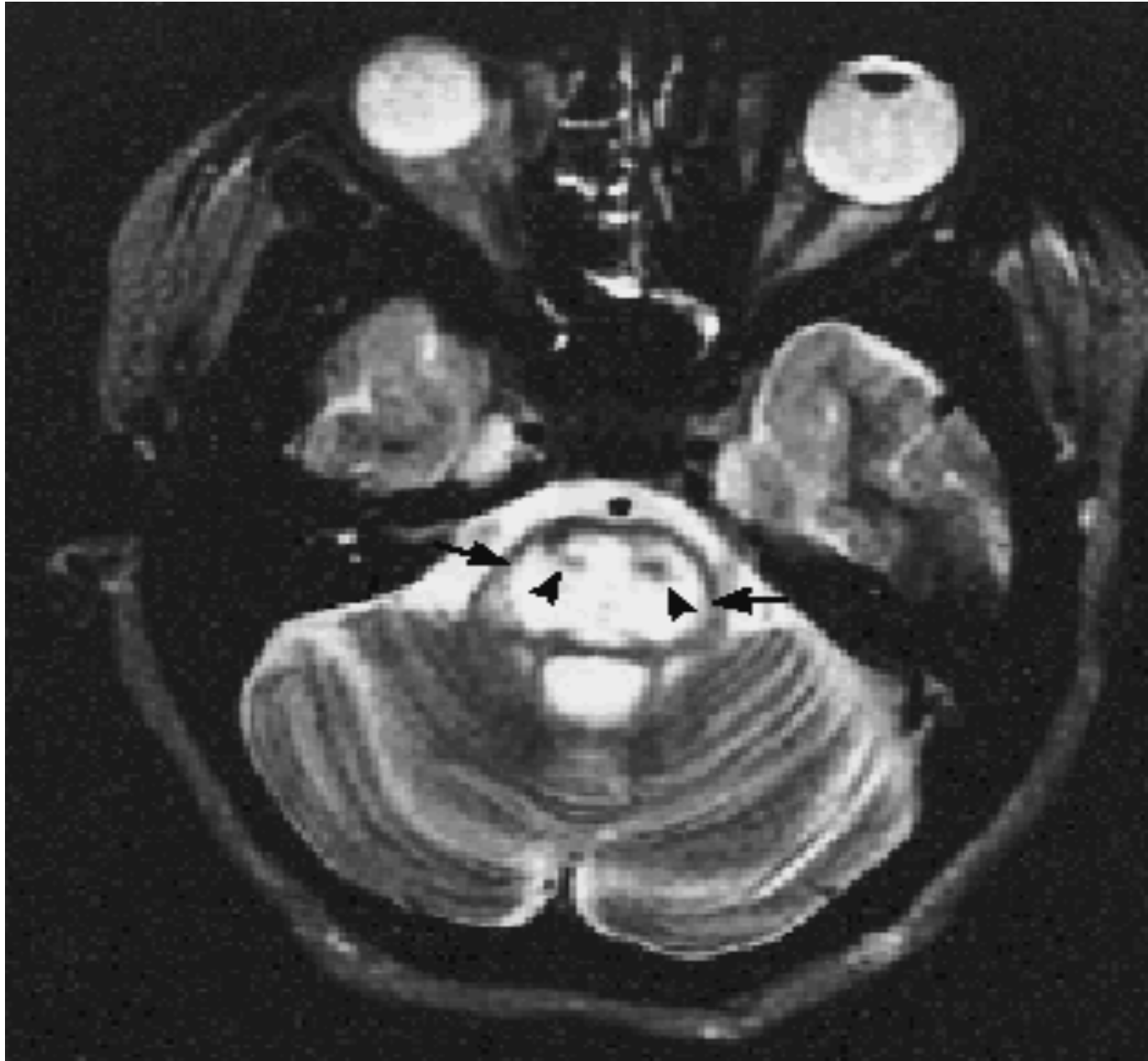
- $Variación\ de\ Na = \frac{Na\ infundido - Na\ actual}{Agua\ corporal + 1}$

Encefalopatía hipoNa



- ✓ Inicio de tratamiento **urgente** independientemente de la causa.
- ✓ Corrección inicial 1-2 mEq/L/hora luego disminuir la velocidad, con la corrección de los síntomas o el ascenso a 4-6 mEq/L.
- ✓ Evaluación ionograma a las 3 Hs.
- ✓ Una vez que el Na halla subido 4-6 mEq/L corregir como una hipoNa asintomático.





Hiponatremia con contracción del LEC:

- Perfusión hidrosalina isotónica

Hiponatremia con LEC Normal o levemente expandido:

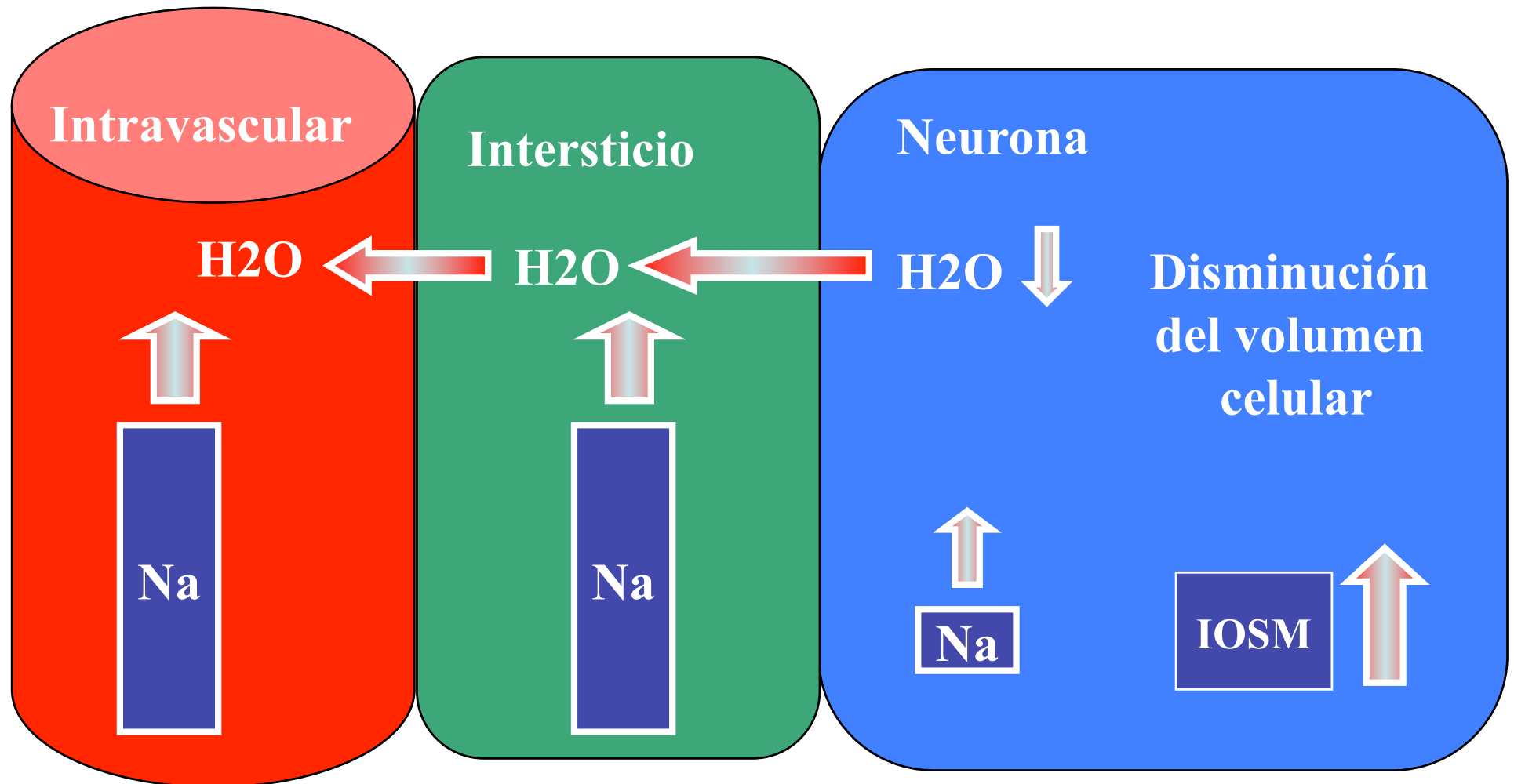
- Restricción hídrica 500-1000 ml/día
- Reponer hidrocortisona o levotiroxina

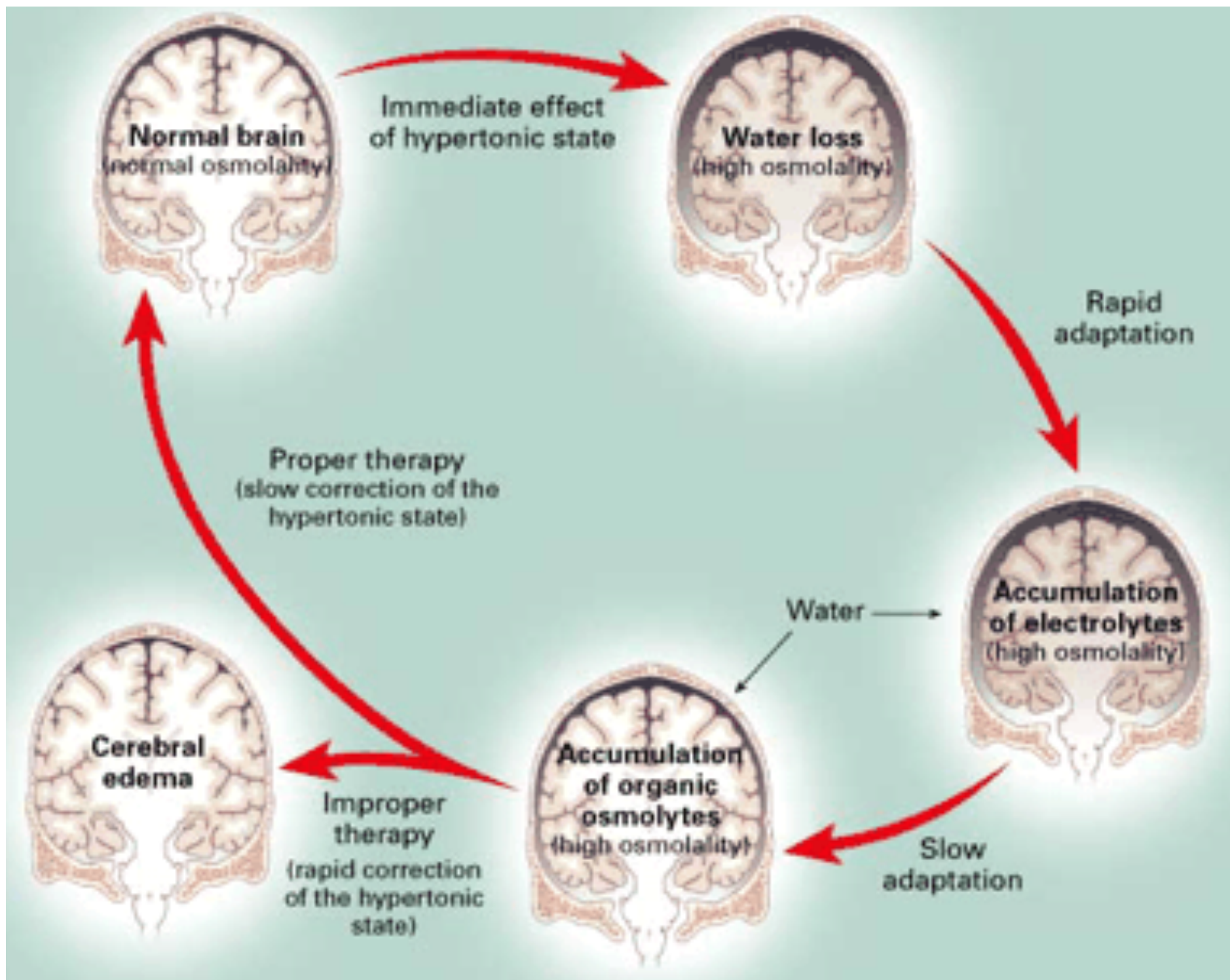
Hiponatremia con expansión del LEC:

- Restricción hidrosalina
- Diuréticos de elección : *furosemida*, dado que aumenta la excreción de agua libre.

Sdme Hiperosmolar

Respuesta a la hipertoniya del LEC





Los podemos dividir en 2 grandes grupos:

- ***HiperNa sin hiperglucemia (Na > 148 mEq/L + Glucemia < 200 mg/dL)***
- ***HiperNa con hiperglucemia (Na > 148 mEq/L + Glucemia > 200 mg/dL)***

1) HiperNa sin hiperglucemia

Mortalidad 40%

A su vez lo podemos dividir en:

- **HiperNa complicada**
- **HiperNa no complicada**

a) HiperNa complicada

Es aquella que cursa con clinica de encefalopatía o deterioro hemodinámico.

- Signos y síntomas de encefalopatía o deterioro hemodinámico.
- Cansancio.
- Irritabilidad.
- Deterioro de la conciencia.
- Temblor.
- Convulsiones.
- Paro respiratorio.

b) HiperNa no complicada

La podemos subdividir:

- ✓ *HiperNa con OSM urinaria adecuada*
- ✓ *HiperNa con diuresis acuosa*
- ✓ *HiperNa con diuresis de solutos*

✓ ***HiperNa con OSM urinaria adecuada***

Se considera una respuesta renal adecuada una OSM > de 700 mOSM/Kg (densidad > 1019).

Generalmente no se acompaña de poliuria.

Causas:

- **Perdida extrarrenal de líquidos hipotónicos** que supera el aporte enteral o parenteral, signos de depleción del LEC.
- **Aporte de sc hipertónicas de Na**, generalmente hay signos de hipervolemia y parámetros urinarios de LEC aumentado.
- **Dialisis** con un baño hipertónico.
- **Hipernatremia esencial o hipodipsia primaria**. La curva de ADH/OSM plasmática está desplazada a la derecha. El paciente presenta orinas diluidas o concentradas para mantener una natremia anormalmente elevada. El LEC está conservado y no presenta sed a pesar de OSM > 295.

✓ ***HiperNa con diuresis acuosa***

En este caso la OSM urinaria es < de 300 mOSM/Kg (densidad < 1010), sin clinica de diuresis acuosa.

Se acompaña de poliuria.

Causas:

- DBT insipida completa

Central

POP neuroqx. (Poshipofisectomia, cx transesfenoidal)

Hipoxia o isquemia (PCR, shock)

Vasculares (ACV, Necrosis postparto)

Infeciosas (Encefalitis, meningitis, Sdme de Guillen Barre)

Traumaticas

Metastasis (Mama, Pulmon, Colon, Leucemia, Linfoma)

Granulomas (Sarcoidosis, TBC, Histiocitosis X, Granulomatosis de Wegener, Sifilis)

Idiopaticas

Nefrogenica

- **Con anatomia y gradiente medular normal**

Trastornos hidroelectroliticos (HipoK, HiperCa)

Drogas (Li, Demeclociclina)

Hereditaria (Familiar)

- **Con anatomia y gradiente medular alterados**

IRA-IRC

Uropatia obstructiva

Nefritis intersticial

Sdme de Sjogren

Sarcoidosis

Amiloidosis

Polidipsia primaria

Diuresis osmotica

Enfermedad poliquistica

Evaluación de la respuesta renal a la administración de desmopresina (4 mcg ev o 40 mcg spray nasal)

DIC: Se considerara al obtener un $>$ de la OSM urinaria de 150 mOSM/Kg ($>$ densidad de 0,004)

DIN: Se considerara al obtener un aumento menor de 150 mOSM/Kg (densidad $<$ de 0,004)

✓ *HiperNa con diuresis de solutos*

Se reconoce por una OSM > 300 y menor de 700 mOSM/Kg o una densidad urinaria que varia entre 10101 y 1020.

Causas:

DBT insipidas parciales (defecto en la cc urinaria mediada por ADH)

Poliurias osmoticas (incapacidad de cc por aumento del flujo urinario e incapacidad para reabsorber)

- Glucosa
- Manitol
- Urea
- Contrastes radiologicos

Calculo de la OSM urinaria

$$OSMu \text{ (mOSM/Kg)} = (\text{densidad} - 1) \times 1 \times 35$$

(equivale a multiplicar los 2 ultimos numeros de la densidad por 35)

$$OSMu = (\text{Na} + \text{K}) \times 2 + \frac{\text{Ur}}{5,6}$$

OSM u

>700 mOSM/Kg

HiperNa con OSMu adecuada

< 300 mOSM/Kg

HiperNa con diuresis acuosa

300 – 700 mOSM/Kg

HiperNa con diuresis de solutos

Tratamiento

- **HiperNa complicada**

Se debe disminuir la Na en 3-6 mEq/L en las primeras 3 horas de tto. (1-2 mEq/L/hora).

Se calcula el volumen de agua libre a reponer para obtener dicho descenso:

ALR (agua libre a reponer)

(Na inicial x ACT/Natremia a obtener) – ACT

ACT (Peso x 0,6)



**NO DISMINUIR MAS DE 10
mEq/L EN LAS PRIMERAS 24
hs.**

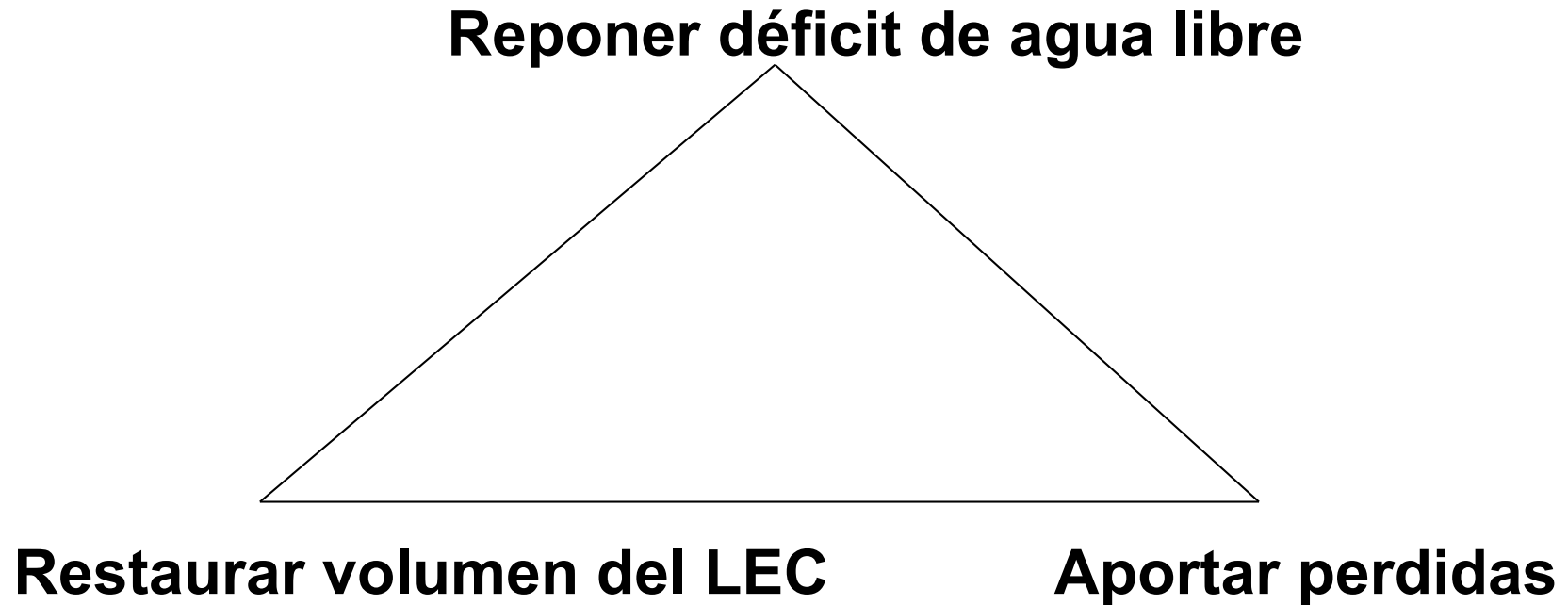
TABLE 2. FORMULAS FOR USE IN MANAGING HYPERNATREMIA AND CHARACTERISTICS OF INFUSATES.

FORMULA*	CLINICAL USE
1. Change in serum Na ⁺ = $\frac{\text{infusate Na}^+ - \text{serum Na}^+}{\text{total body water} + 1}$	Estimate the effect of 1 liter of any infusate on serum Na ⁺
2. Change in serum Na ⁺ = $\frac{(\text{infusate Na}^+ + \text{infusate K}^+) - \text{serum Na}^+}{\text{total body water} + 1}$	Estimate the effect of 1 liter of any infusate containing Na ⁺ and K ⁺ on serum Na ⁺

INFUSATE	INFUSATE Na ⁺	EXTRACELLULAR-FLUID DISTRIBUTION
	mmol per liter	%
5% Dextrose in water	0	40
0.2% Sodium chloride in 5% dextrose in water	34	55
0.45% Sodium chloride in water	77	73
Ringer's lactate	130	97
0.9% Sodium chloride in water	154	100

- **HiperNa NO complicada**

Abarca tres pilares:



Se utilizan 2 planes de hidratacion al mismo tiempo:

- **Plan A**

Se calcula deficit de agua libre pero calculando un descenso de Na menor a 10 mEq/L/dia. El volumen calculado se administrara en 24 hs.

- **Plan B**

Se utiliza para reponer las perdidas concurrentes.

Corrección de la causa de la pérdida de agua:

- **DBT insípida central**

Desmopresina ev 1-4 mcg/dosis c/12 Hs

Desmopresina Spray 20-40 mcg/dosis c/
12 Hs

- **DBT insípida nefrogénica**

Tiazidas y dieta pobre en Na y proteínas.