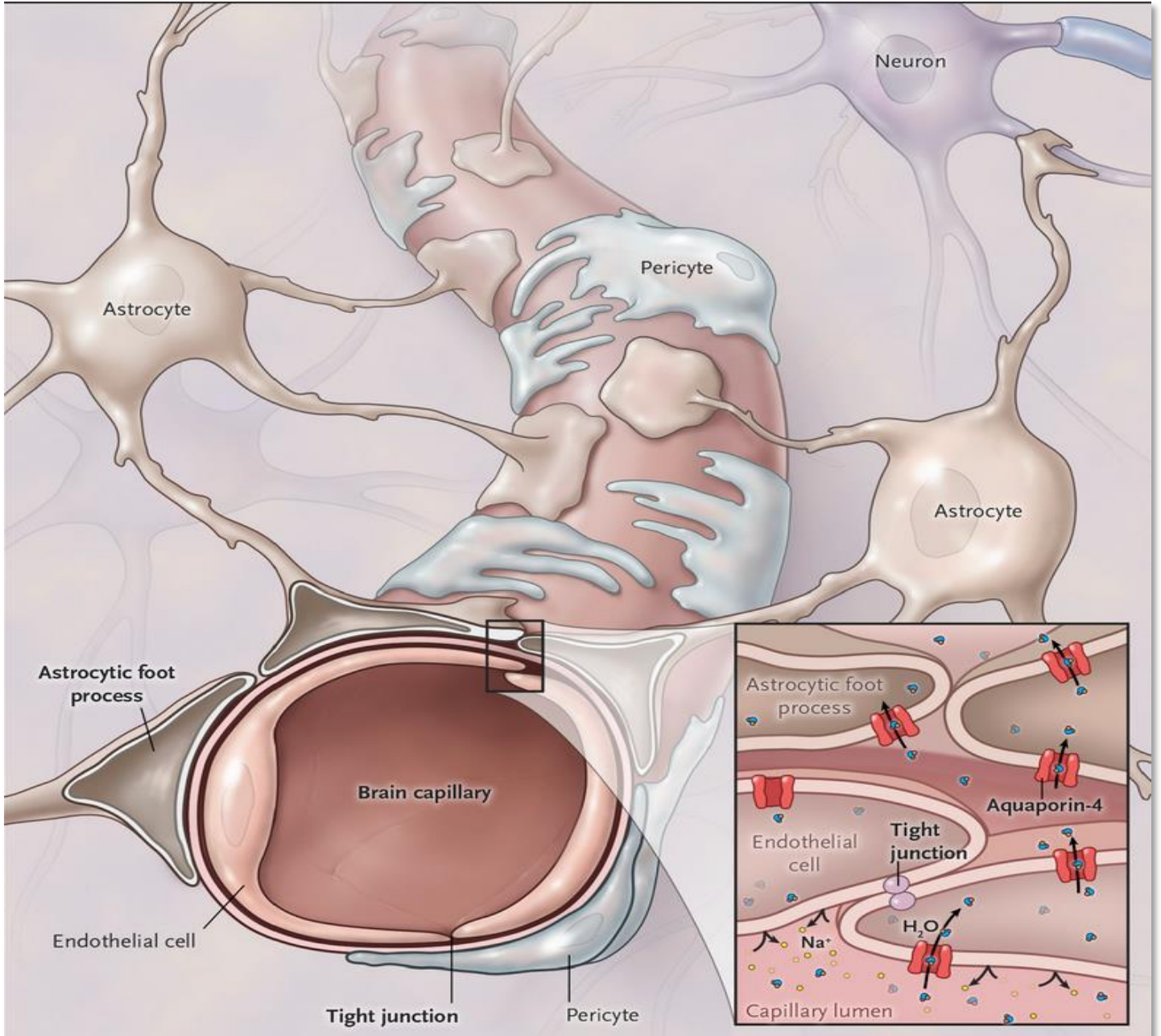
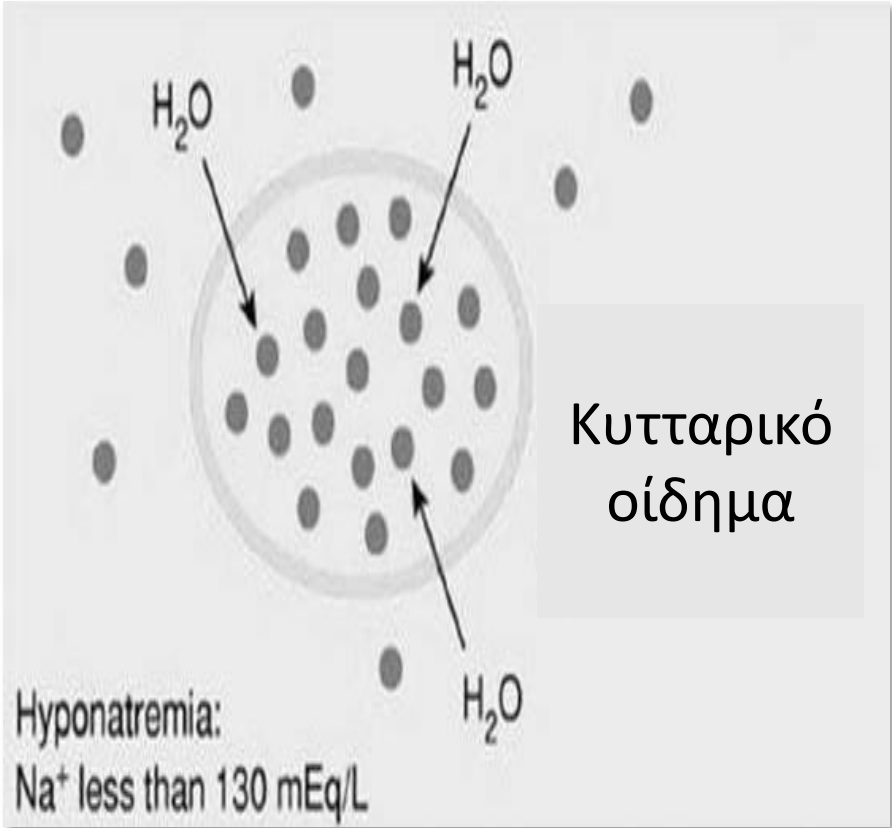
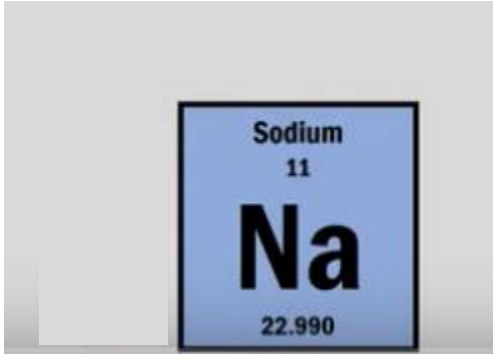
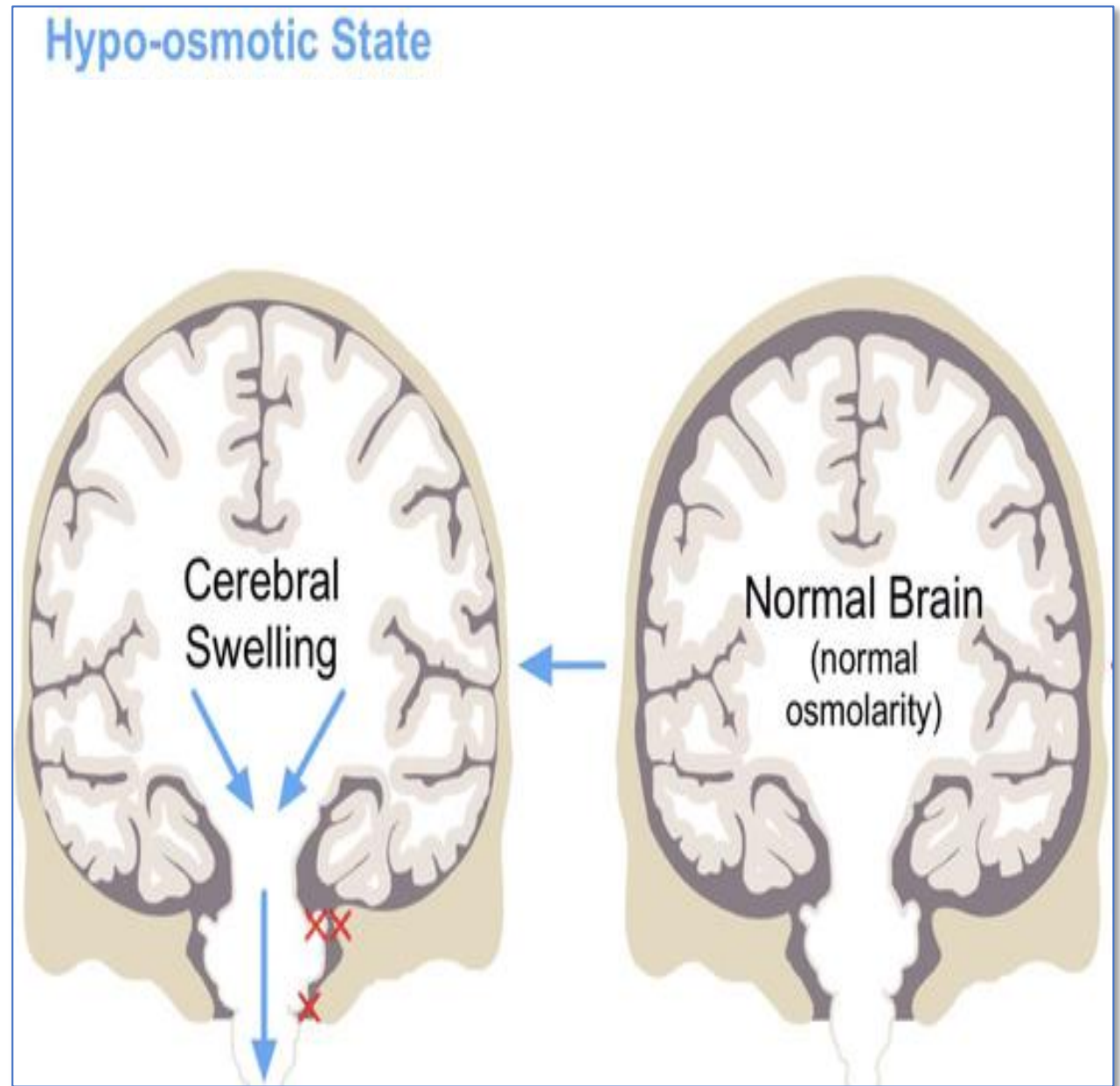
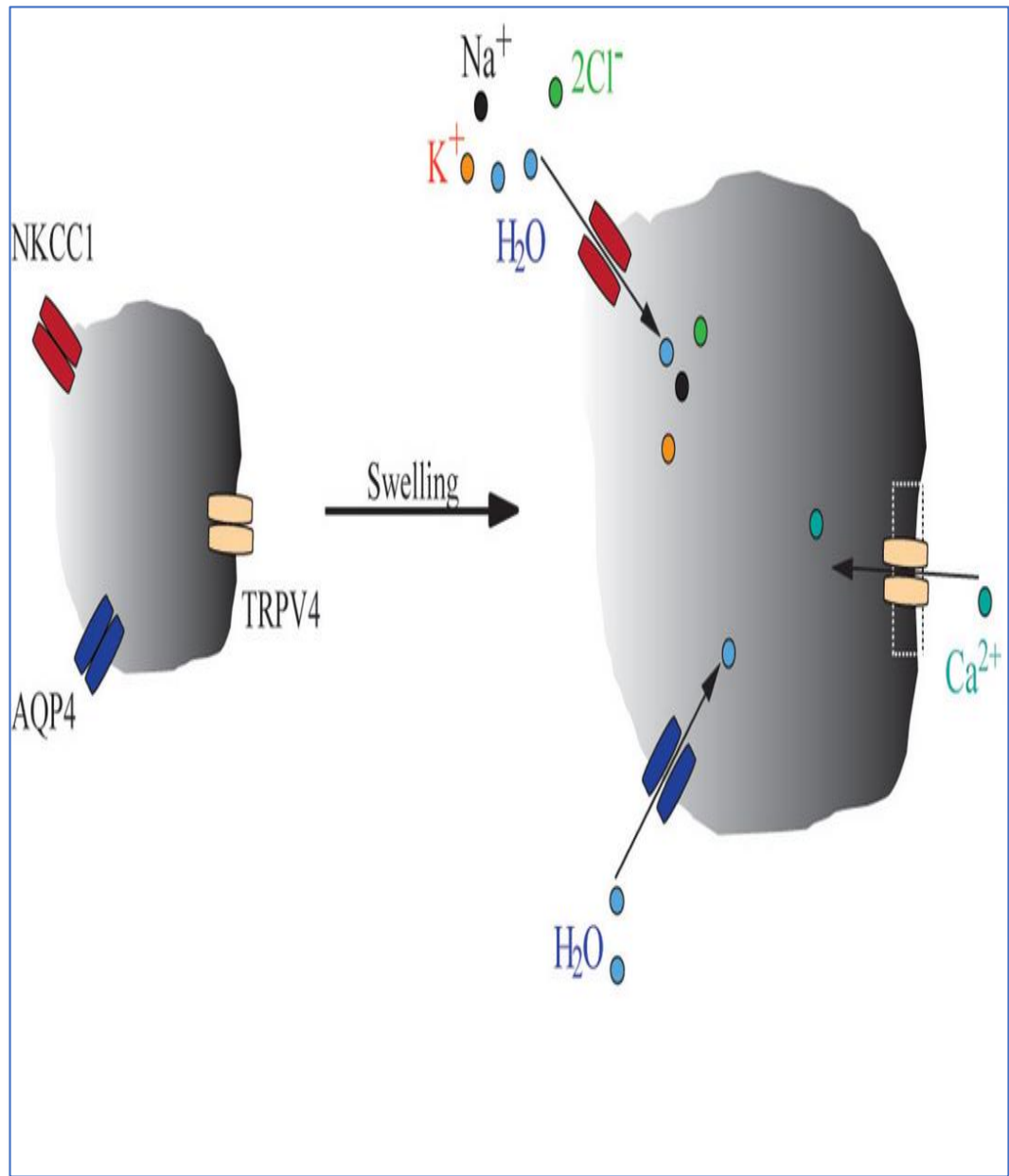


Γνωσιακή δυσλειτουργία και ΧΝΝ

Ηλεκτρολυτικές διαταραχές που προκαλούν
διαταραχές εγκεφάλου και νεφρού







Φυσιολογική κατάσταση



Υπονατριαιμία χωρίς προσαρμογή



Υδροστατική μετακίνηση νερού από το παρέγχυμα στο ΕΝΥ και από εκεί στη συστηματική κυκλοφορία



RVD

Λεπτά

Μείωση του ενδοκυττάριου όγκου λόγω μετακίνησης ιόντων



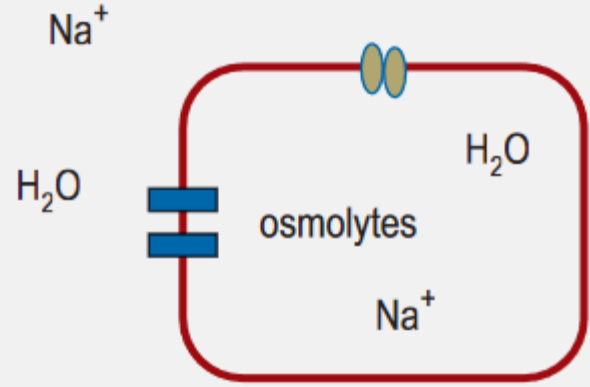
Λεπτά-4ώρες

Υπονατριαιμία χρόνια προσαρμογή με μετακίνηση οργανικών ωσμωλίων



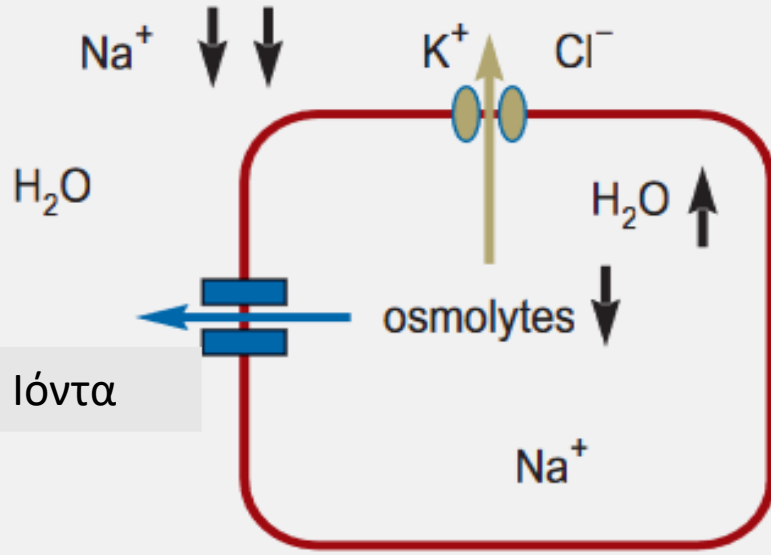
Μετά από ώρες

Initial situation

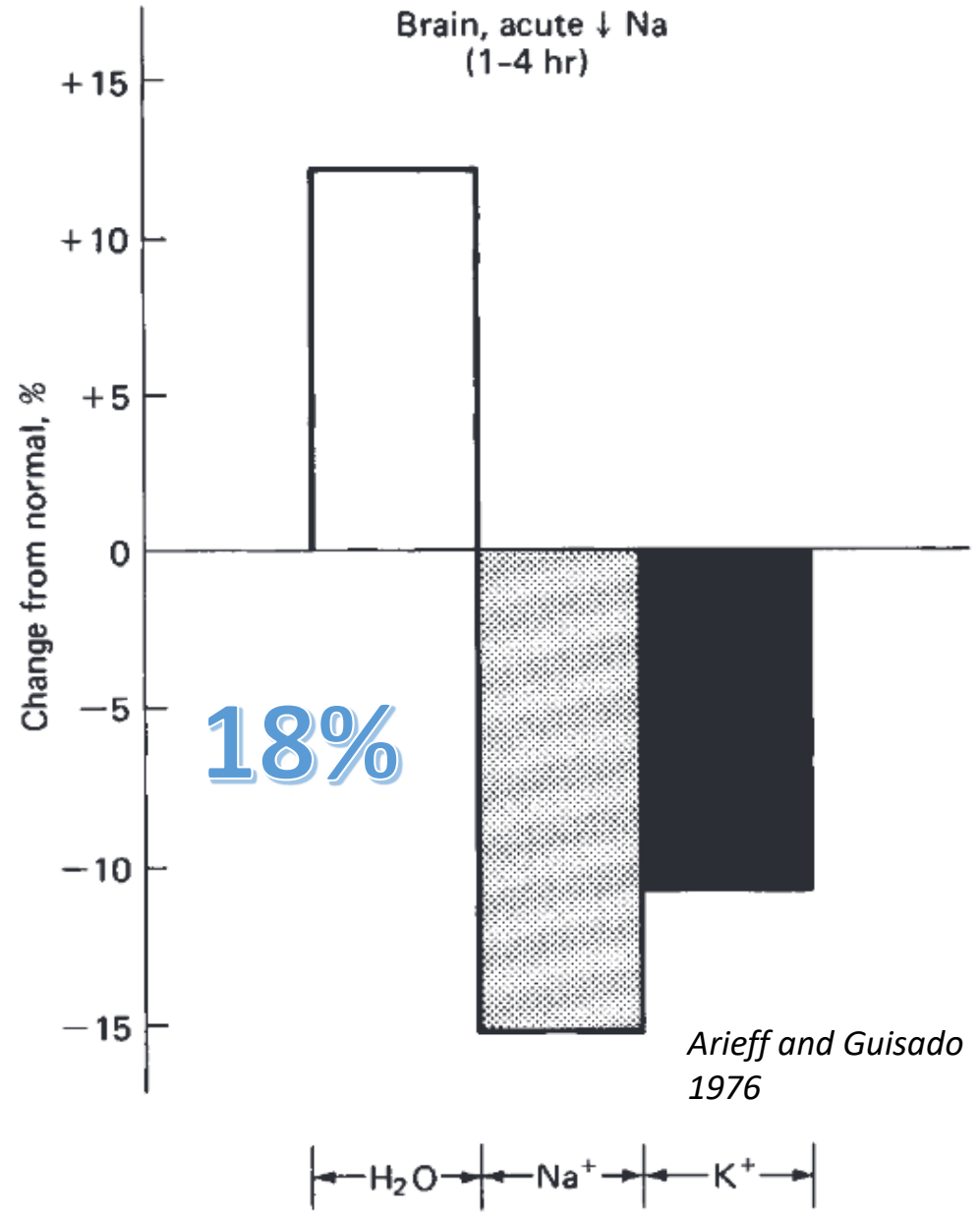


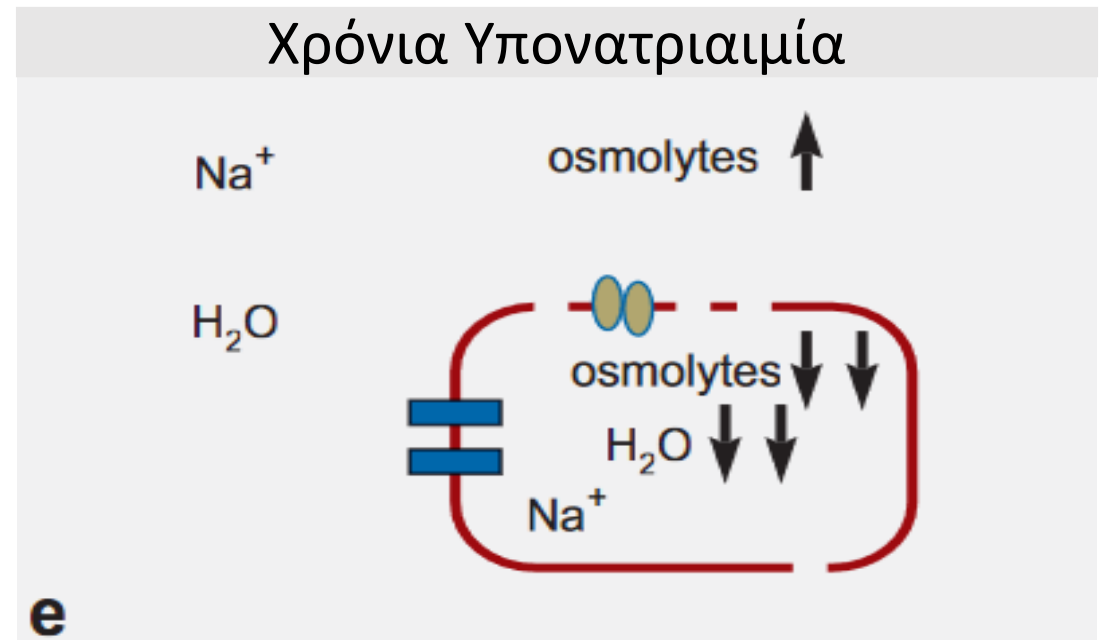
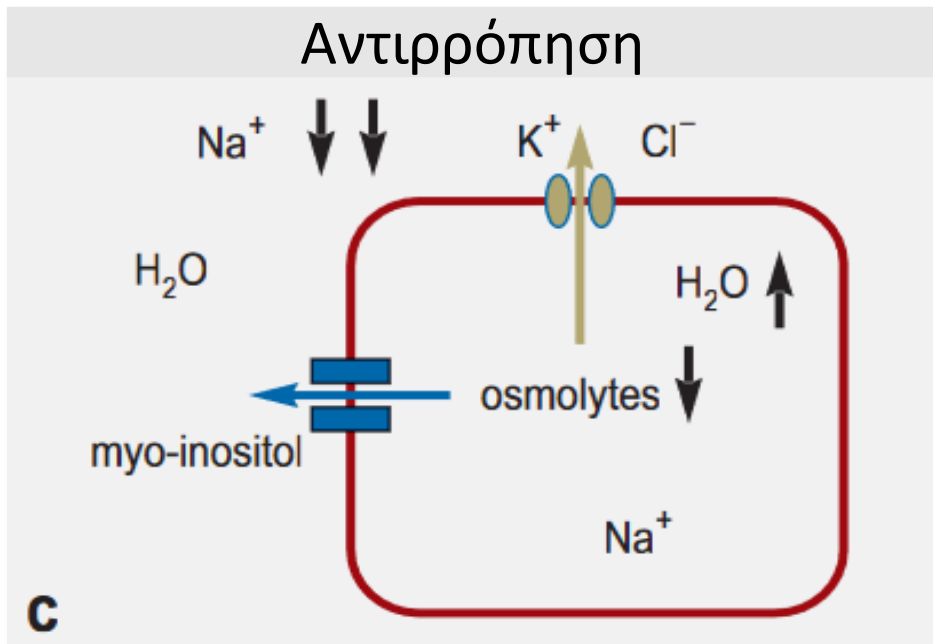
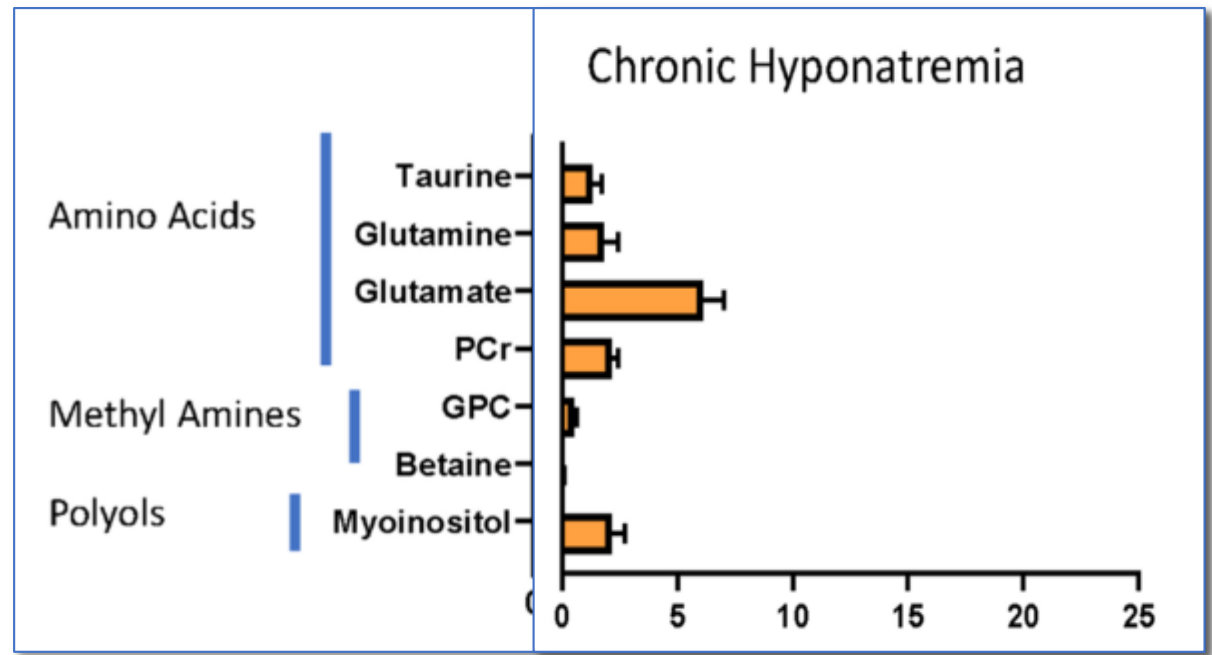
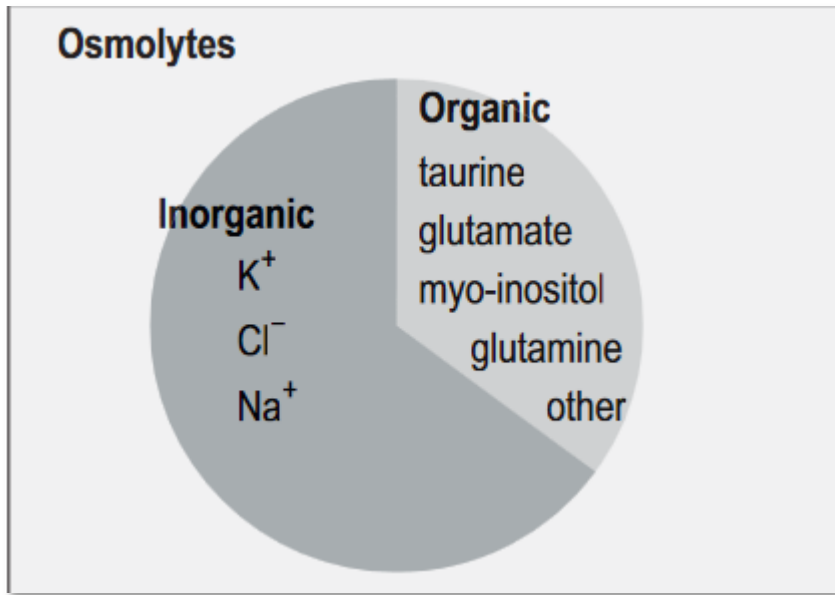
a

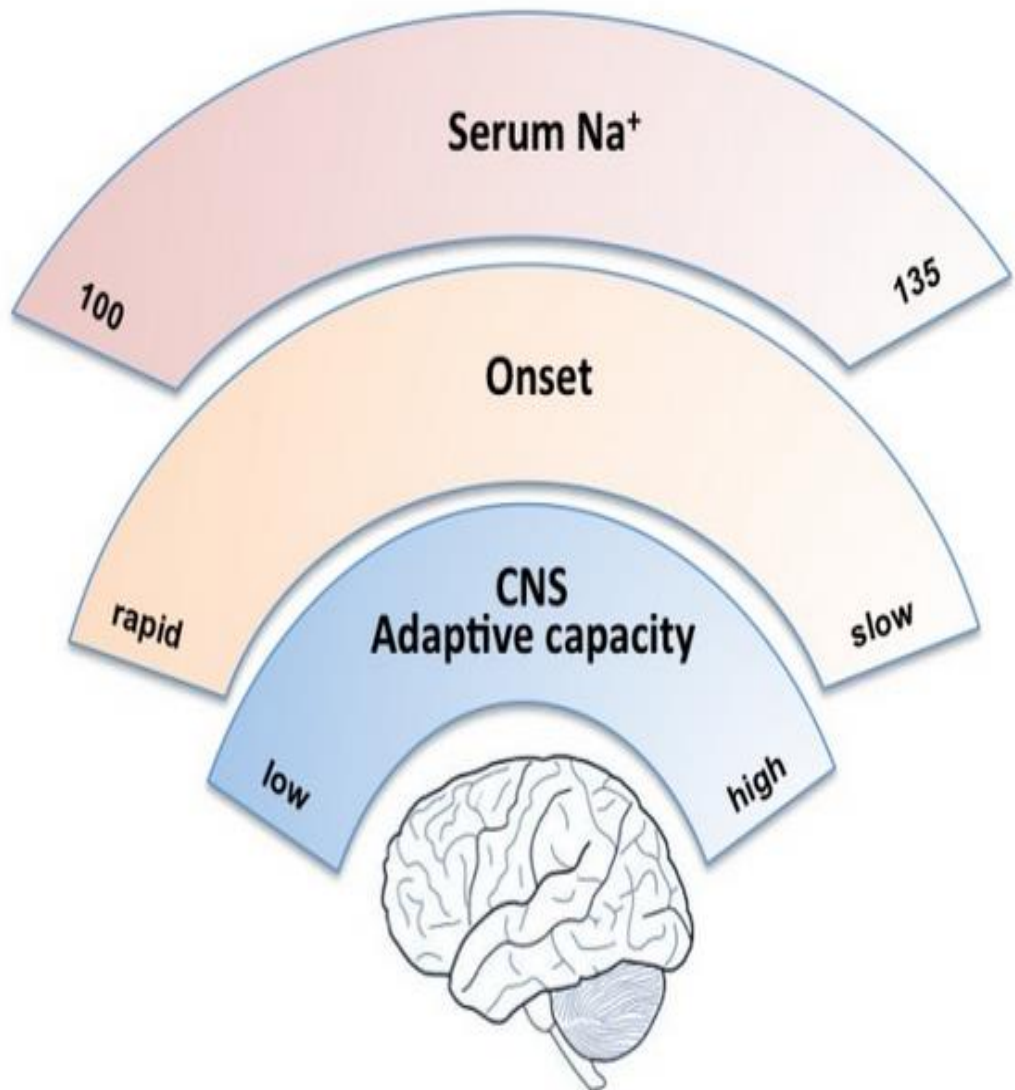
Υπονατριάμια



c







Οξεία υπονατριαιμία :
εγκεφαλικό οίδημα
Ναυτία, έμετοι, κεφαλαλγία, σπασμοί, κώμα,
αναπνευστική δυσχέρεια

Χρόνια υπονατριαιμία :
ενεργοποιημένοι RVD
ασυμπτωματική??
Διαταραχές βάδισης, ισορροπίας, αυξημένος
κίνδυνος καταγμάτων, μείωση
συγκέντρωσης, μείωση προσανατολισμού

Serum sodium in relation to various domains of cognitive function in the elderly US population

Sohyae Lee et al BMC 2021

Abstract

Background: Recent evidence suggests that sodium imbalances may be associated with cognitive impairment; however, the association between specific domains of cognition remains unclear. This study examines the association between serum sodium levels and immediate and delayed verbal memory as measured by the CERAD Word Learning Test (CERAD WLT), executive function as measured by the Animal Fluency test (AFT), and sustained attention, working memory, and processing speed as measured by the Digit Symbol Substitution test (DSST) in the elderly population of the US aged 60 and older who participated in the 2011–2014 National Health and Nutrition Examination Surveys (n = 2,541).

Methods: Cognitive function tests were performed by trained interviewers and sodium levels were measured using indirect ion selective electrode methodology.

Results: After adjusting for all covariates, quintiles of CERAD WLT scores showed significant positive associations with log-transformed sodium levels (Immediate recall (IR) $\beta = 4.25$ (SE = 1.83, p-value 0.027); Delayed recall (DR) $\beta = 6.54$ (SE = 1.82, p-value 0.001)). Compared to normal sodium levels, hyponatremia was significantly associated with lower CERAD WLT-IR ($\beta = -0.34$, SE = 0.15, p-value 0.035) and CERAD WLT-DR scores ($\beta = -0.48$, SE = 0.10, p-value < 0.001) and showed borderline significance with AFT scores ($\beta = -0.38$, SE = 0.19, p-value 0.052). Hypernatremia did not show any significant relationships with cognitive test scores, compared to normal sodium levels.

Conclusions: Our cross-sectional study showed that lower sodium levels were associated with cognitive change, especially regarding memory and executive function.

Components of Mini-Mental State Exam (MMSE)



Orientation



Registration



Attention

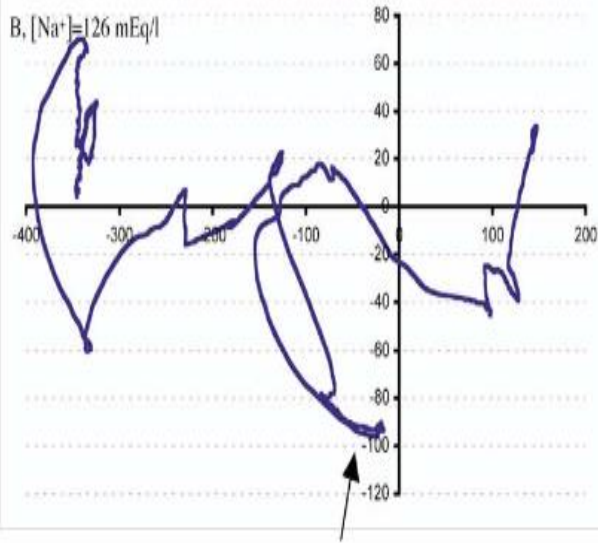


Recall

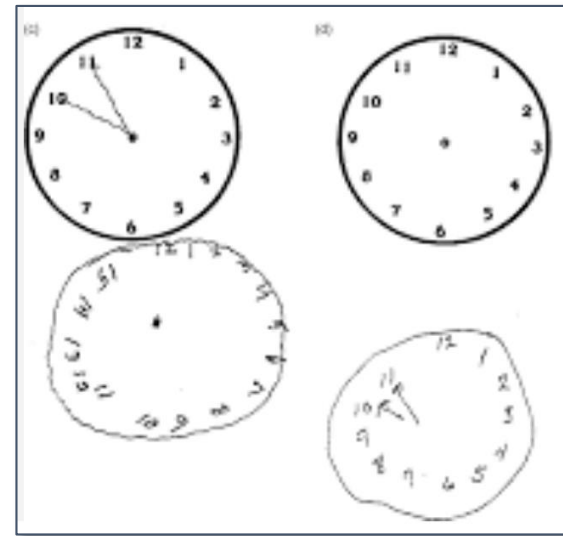
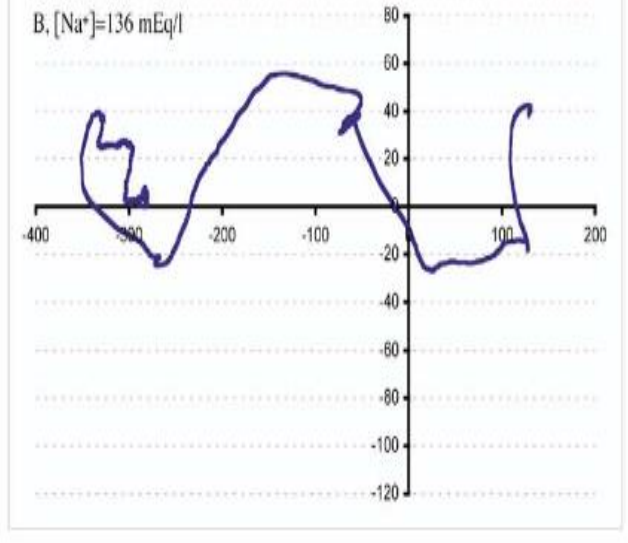


Language

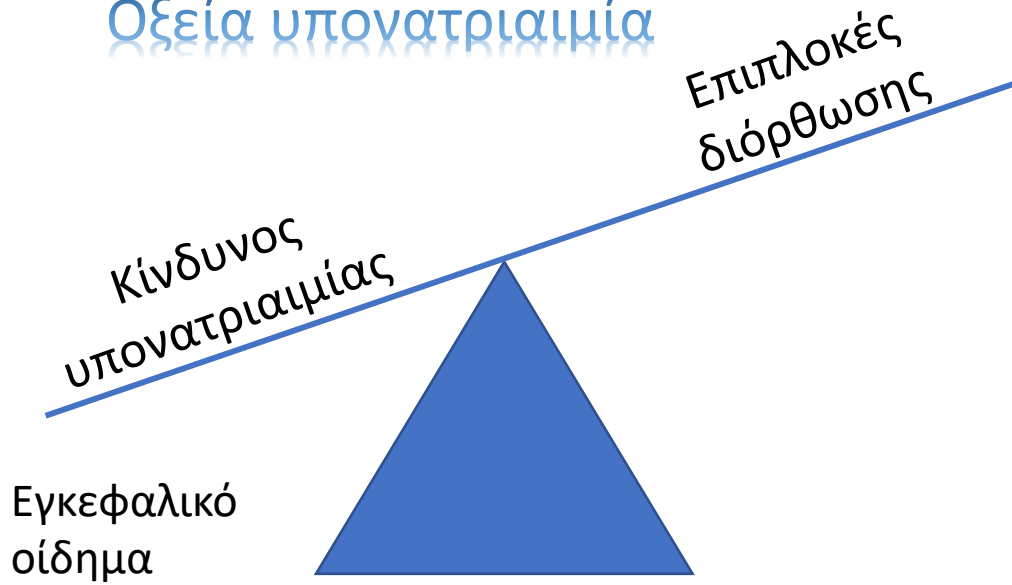
B, [Na⁺]=126 mEq/l



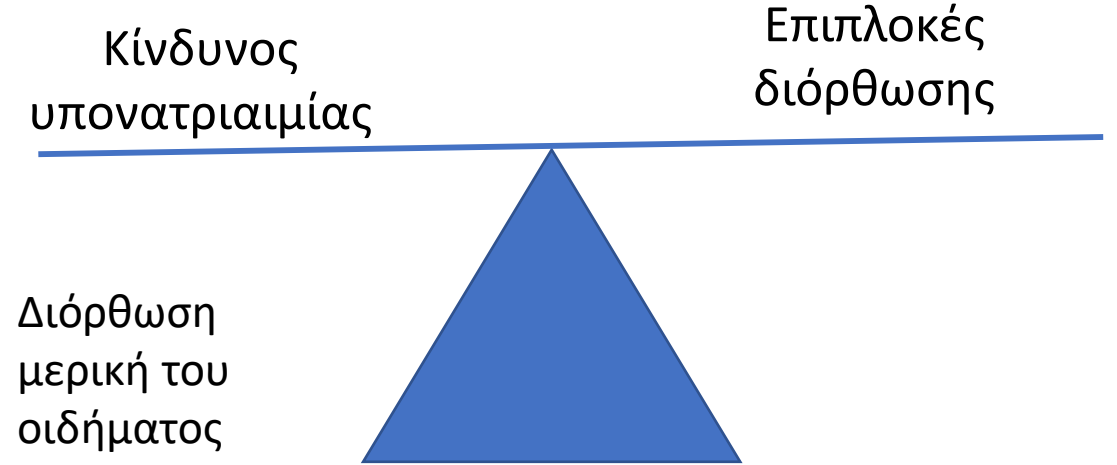
B, [Na⁺]=136 mEq/l



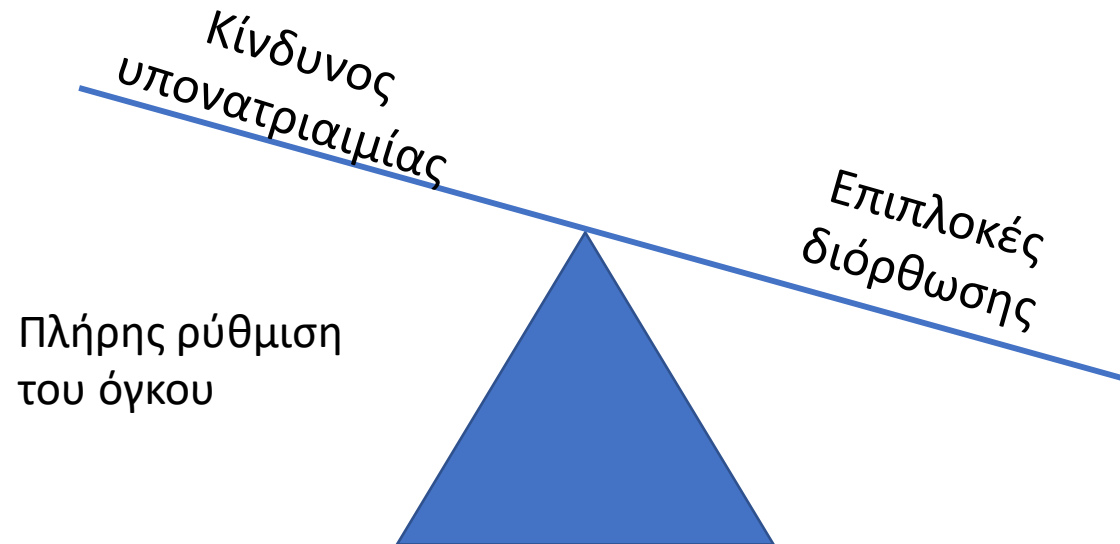
Οξεία υπονατριαιμία

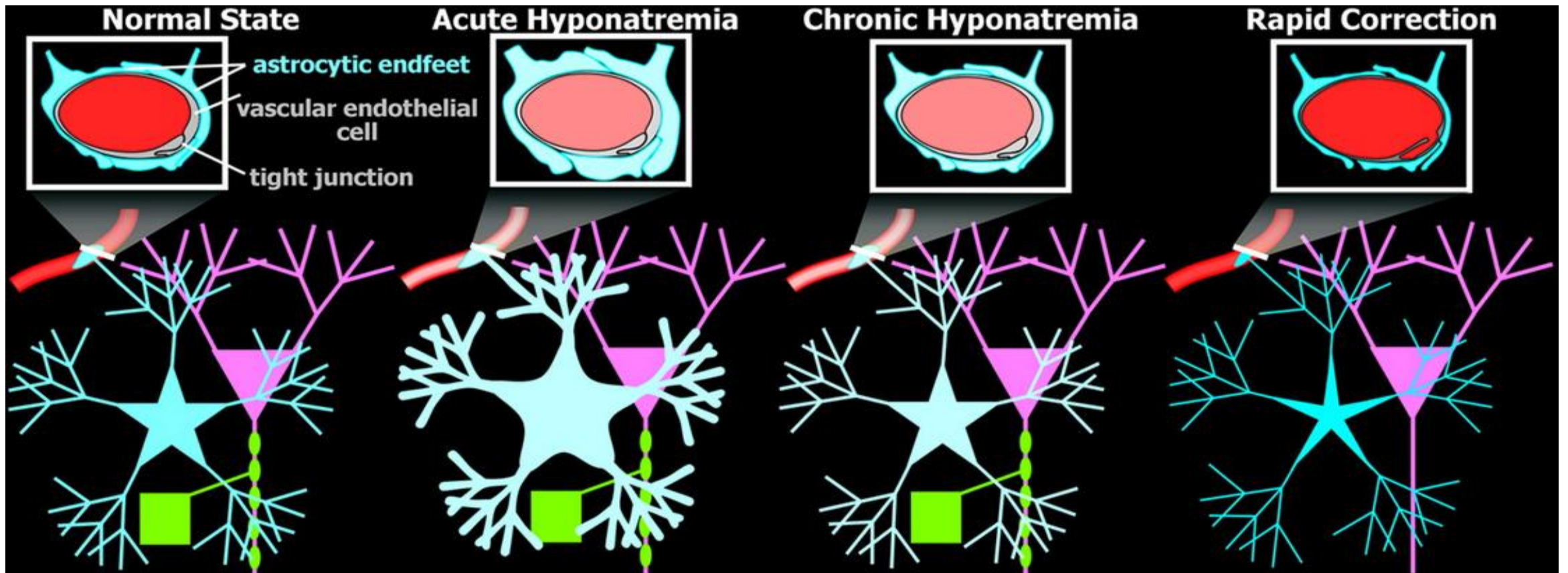


Χρόνια συμπτωματική υπονατριαιμία

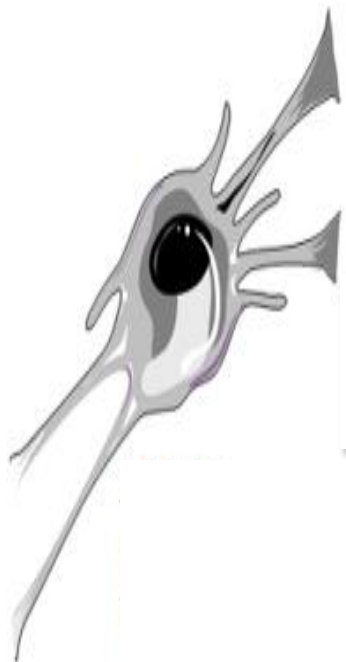


Χρόνια ασυμπτωματική υπονατριαιμία





Η επανείσοδος των οργανικών ωσμωλίων στα κύτταρα είναι μια διαδικασία που απαιτεί χρόνο



Αστροκύτταρα
προσαρμοσμένα στην
υπονατριαιμία

Γρήγορη διόρθωση
υπονατριαιμίας

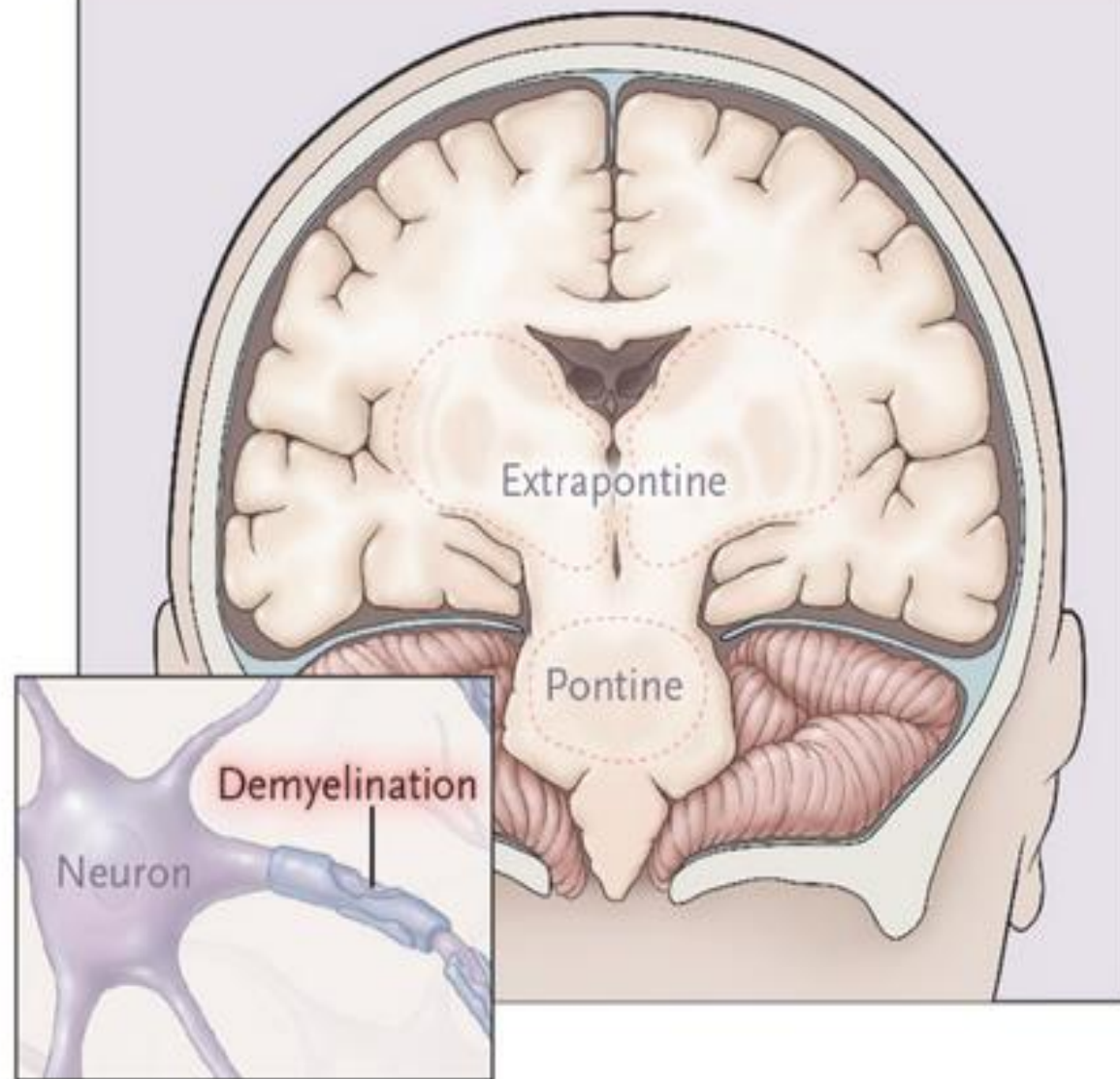
⇒ Απόπτωση
αστροκυττάρων

Καταστροφή
αιματοεγκεφαλικού
φραγμού

Έκθεση σε
κυττοκίνες
συμπλήρωμα

Κεντρική γεφυρική μυελινόλυση
Ωσμωτικό απομυελινωτικό σύνδρομο

Osmotic demyelination



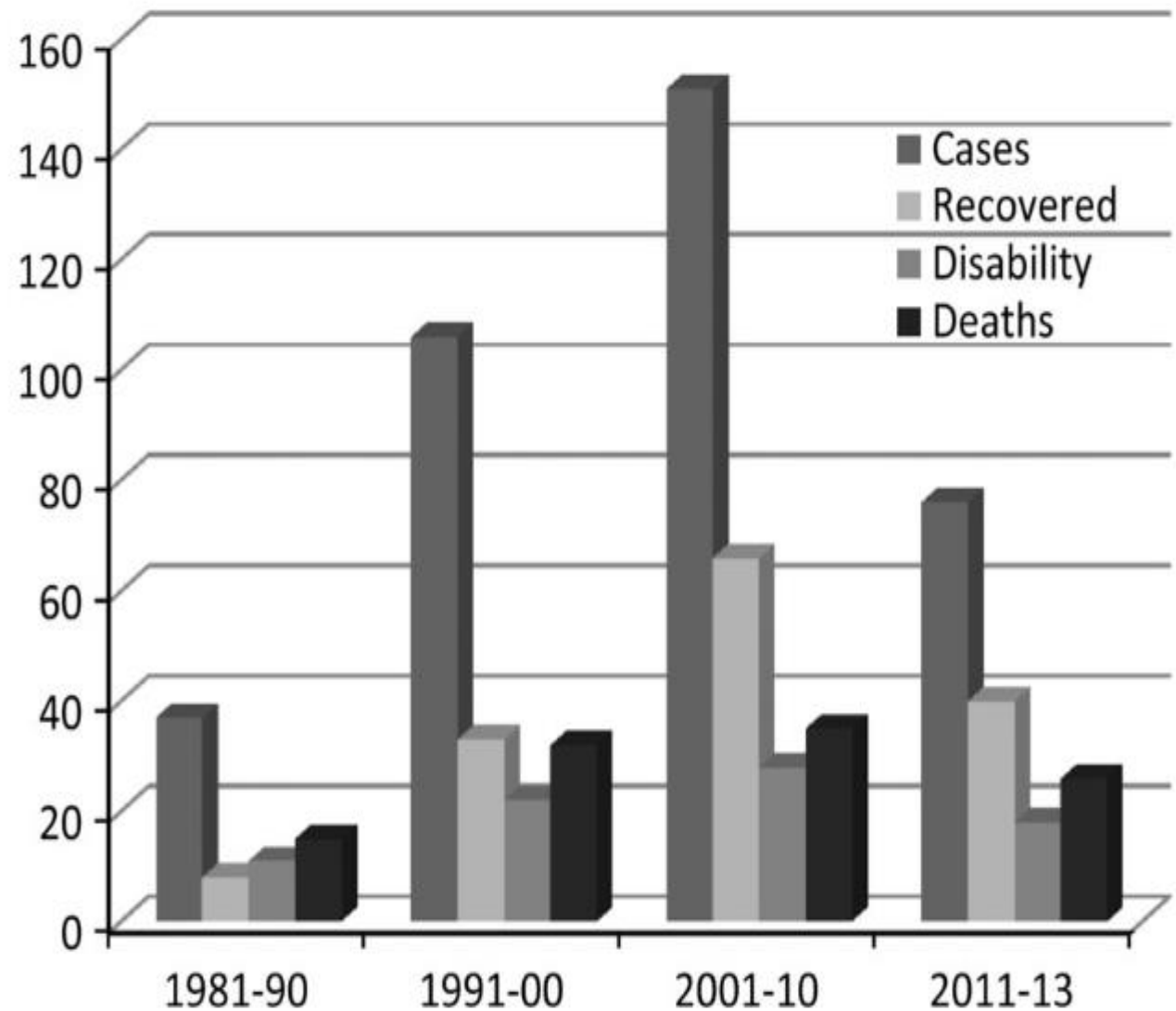
Κλινική εικόνα του συνδρόμου

2-6 μέρες μετά τη διόρθωση

CPM	EPM	
Pontine symptoms	Movement disorders	Neurobehavioral and general symptoms
Vigilance disorders, coma	Akinetic-rigid symptoms	Encephalopathy
Locked-in syndrome	Tremor	Epileptic seizures
Paresis	Dystonia	Mutism
Dysarthria	Chorea, choreoathetosis	Catatonia
Dysphagia	Myoclonus, opsoclonus	Apathy, lethargy
Pupillary and ocular motility disorders	Gait disorders	Depression
Loss of reflexes	Ataxia	Frontal lobe disinhibition, emotional instability, dementia, primitive reflexes

Παράγοντες κινδύνου:

- Χρόνια υπονατρίαμια
- Γρήγορος ρυθμός διόρθωσης
- Υπερδιόθρωση
- Υποξία
- Αλκοολισμός
- Υποκαλιαιμία
- Υποσιτισμός



Θεραπεία της υπονατριαιμίας

Σοβαρή υπονατριαιμία $\text{Na}^+ < 125 \text{ mEq/L}$

Νευρολογική σημειολογία



Οξεία <48 ώρες

Επείγουσα διόρθωση
(Χορήγηση 3% NaCl)



Χρόνια > 48 ώρες

Χορήγηση 3% NaCl

Ασυμπτωματική



Στόχος η πρόληψη της
ωσμωτικής απομυελίνωσης

Δε συστήνεται διόρθωση

- $> 0,5 \text{ mEq/L/h}$
- $> 8-10 \text{ mEq/L/24h}$

Υπερογκαιμία

- Διουρητικά
- Περιορισμός λήψης ύδατος
- Διόρθωση υποκείμενης αιτίας

Υπογκαιμία

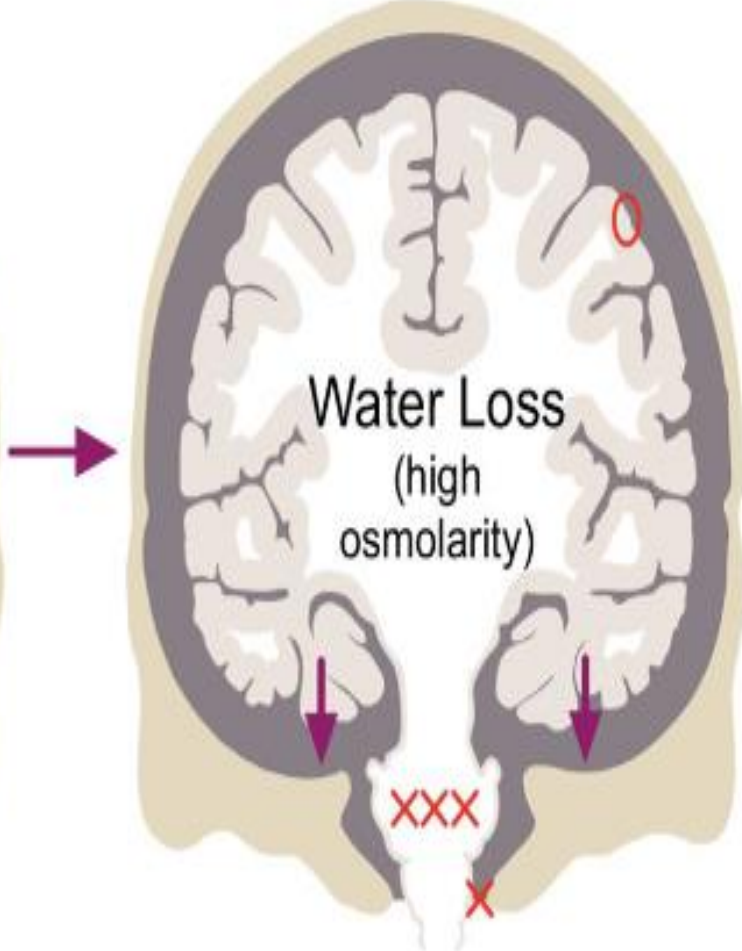
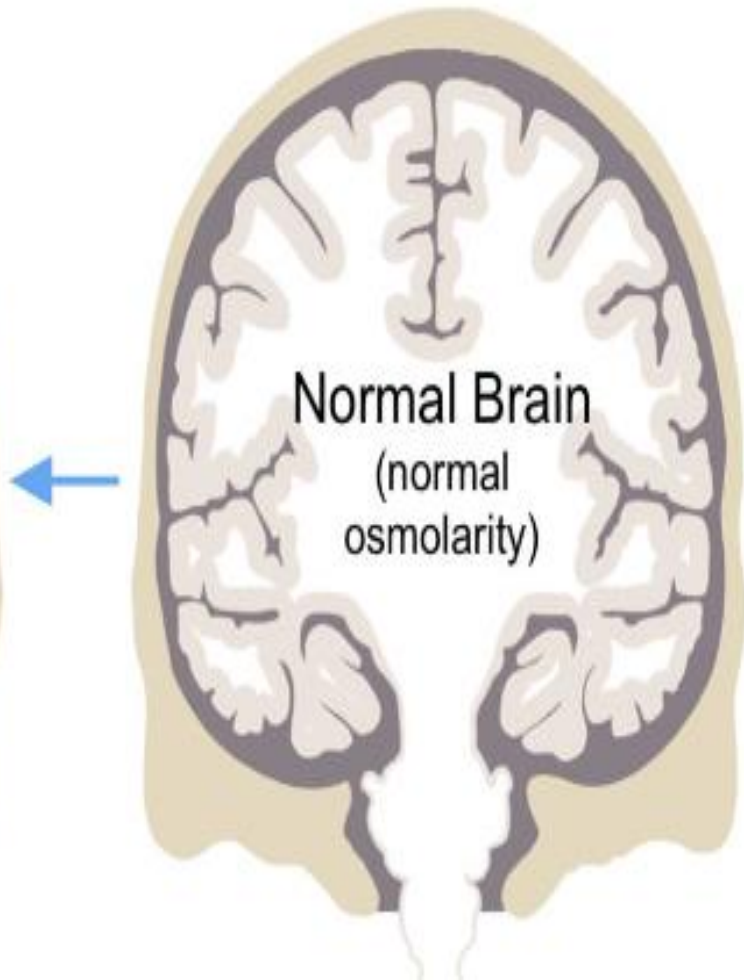
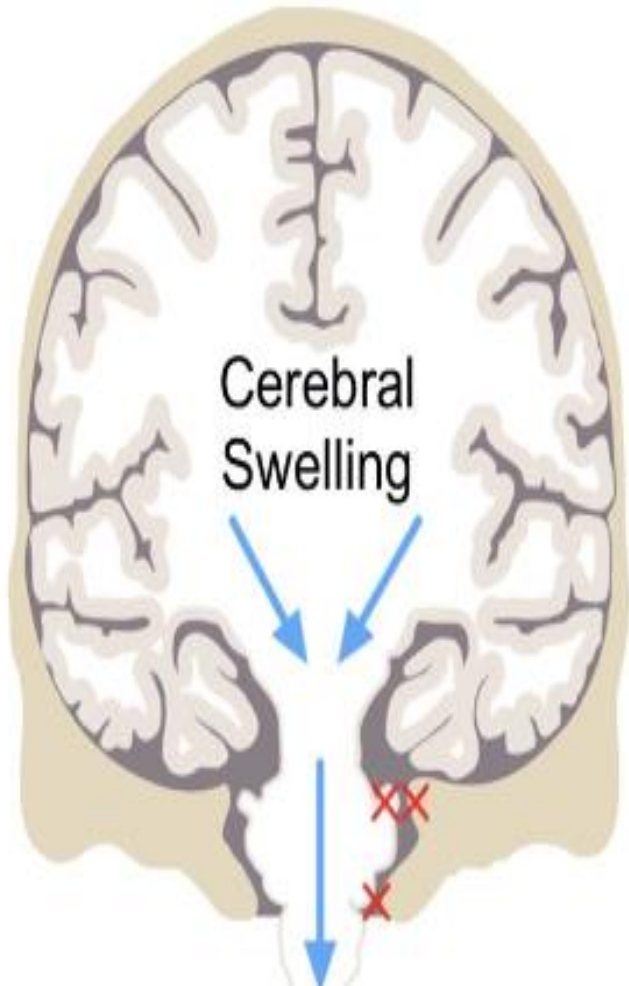
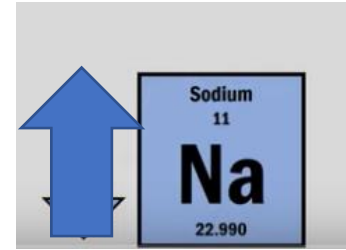
- Αποκατάσταση όγκου με 0,9% N/S
- Διόρθωση υποκείμενης αιτίας

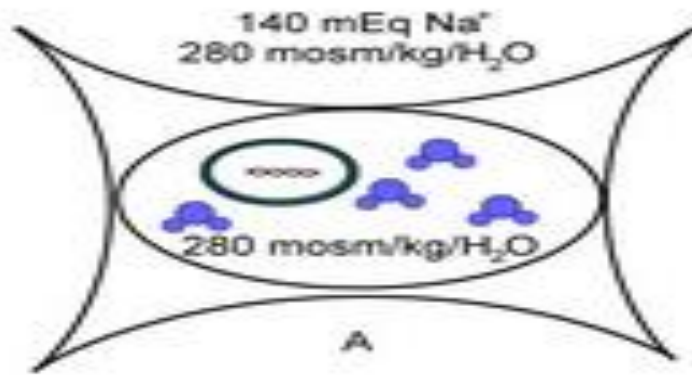
Ευογκαιμία

- Περιορισμός λήψης ύδατος
- Διόρθωση υποκείμενης αιτίας

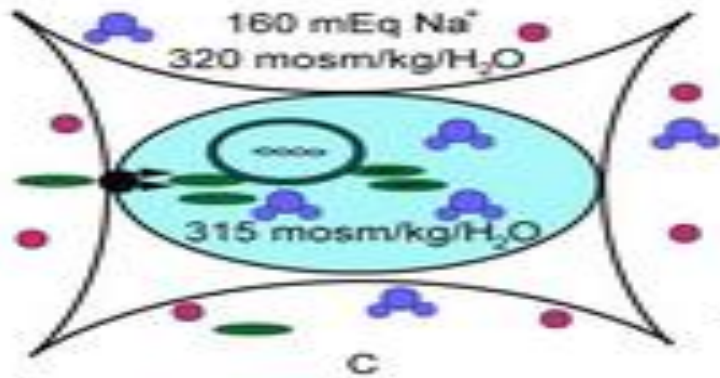
Hypo-osmotic State

Hyper-osmotic State

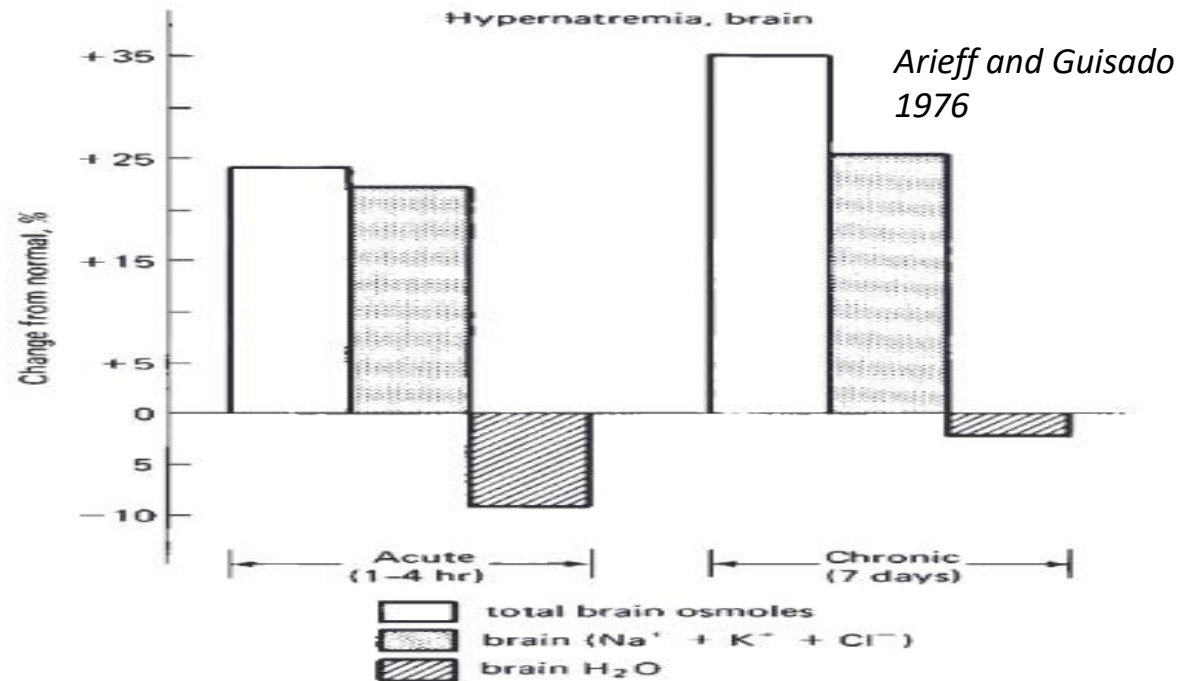
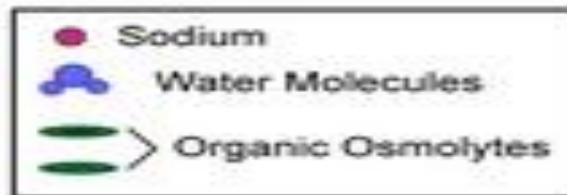
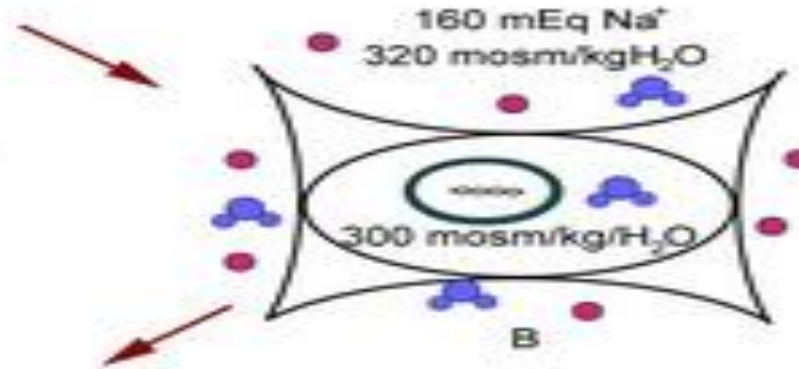




Κέδρος ωσμωλίων

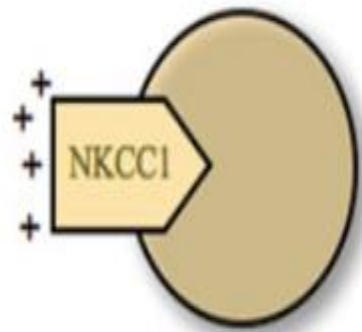


Συρρίκνωση των κυττάρων



Hypernatremia

Cell Shrinkage



Κέρδος
ωσμωλίων



Physiologic State

Αύξηση
όγκου
κυττάρων



Thirst,
dry mucous
membranes



Confusion,
irritability,
lethargy

Dry skin

Muscle weakness

Hyperreflexia



Chronic (> 48 hours)

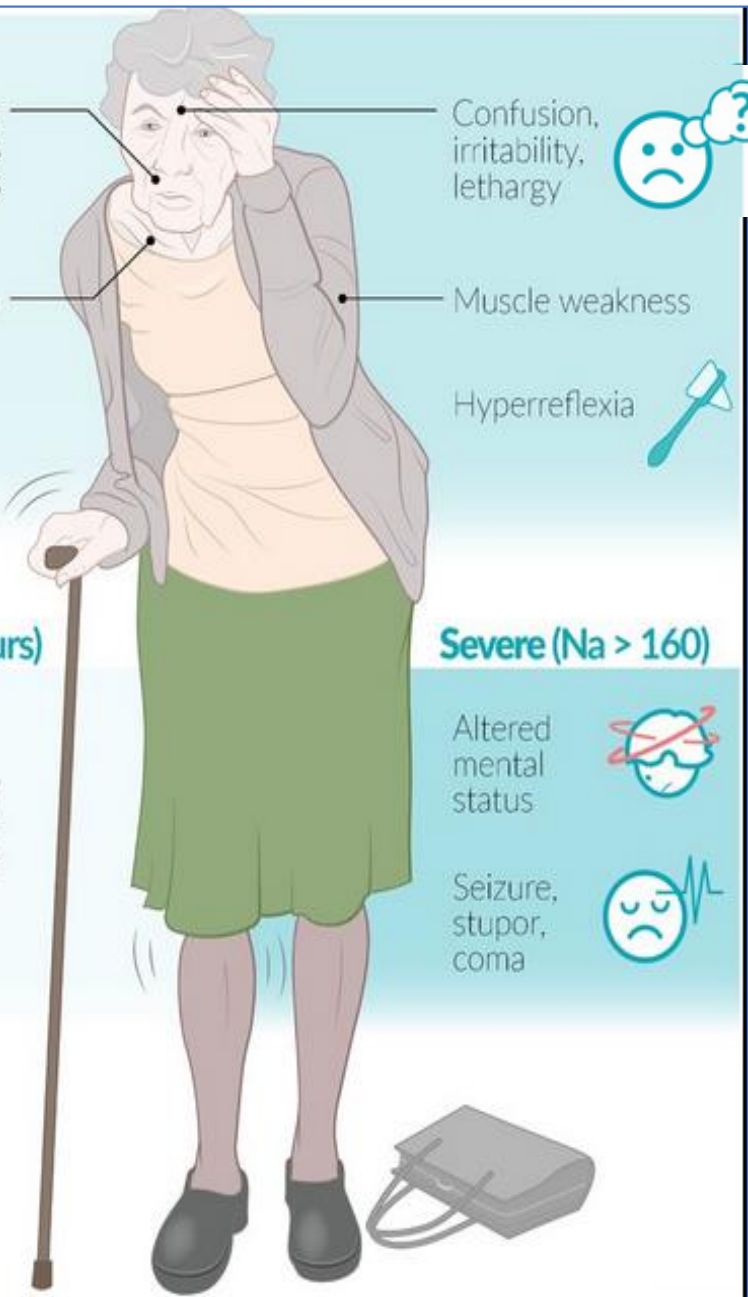
Commonly
asymptomatic
or mild symptoms

Severe (Na > 160)

Altered
mental
status



Seizure,
stupor,
coma



Θεραπεία της υπερνατριαιμίας

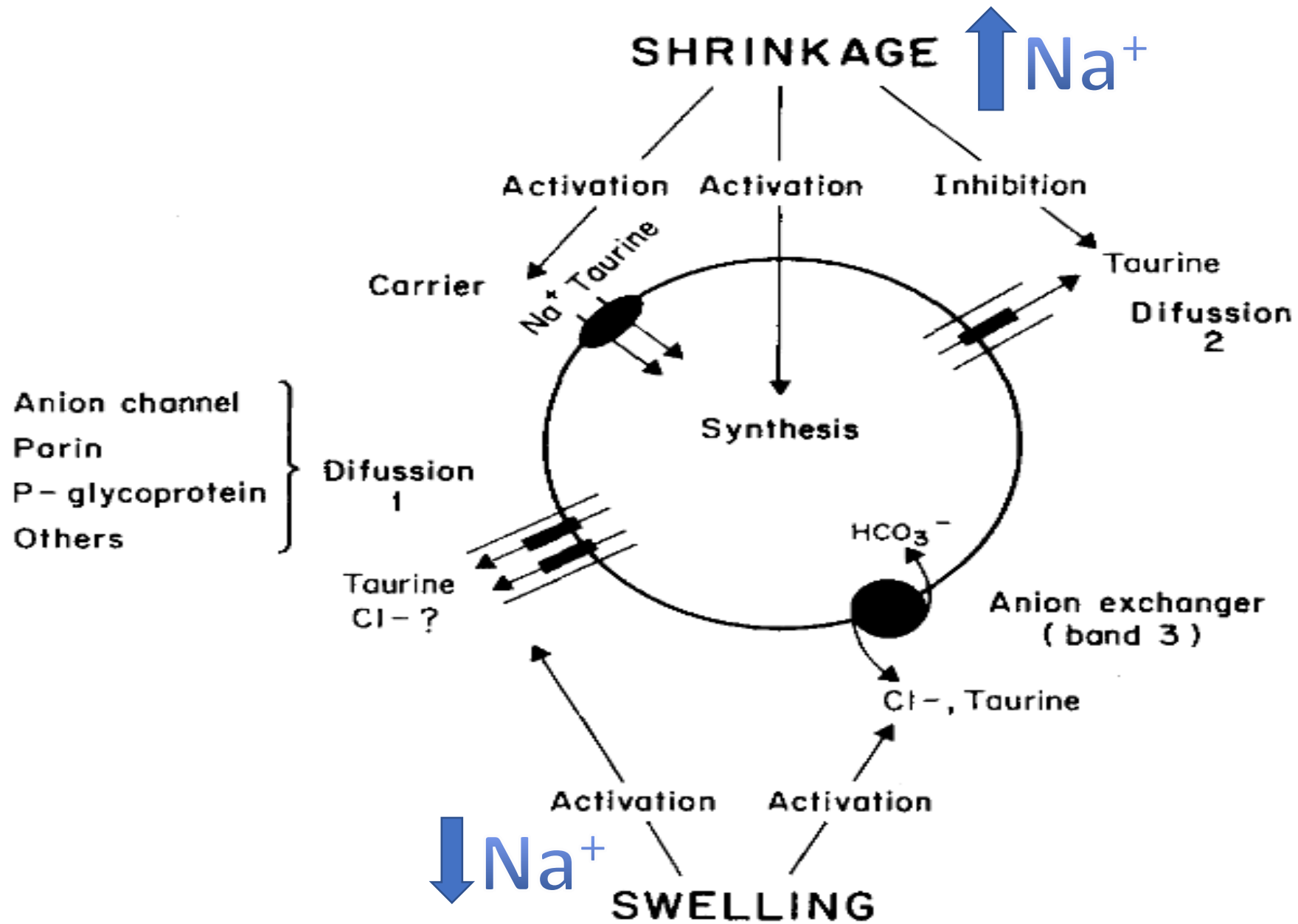
Υπολογίστε το έλλειμμα ύδατος, τις συνεχείς άδηλες απώλειες και τη διούρηση

$$\text{TBW deficit} = \text{TBW} \times [(\text{serum Na}/140) - 1]$$

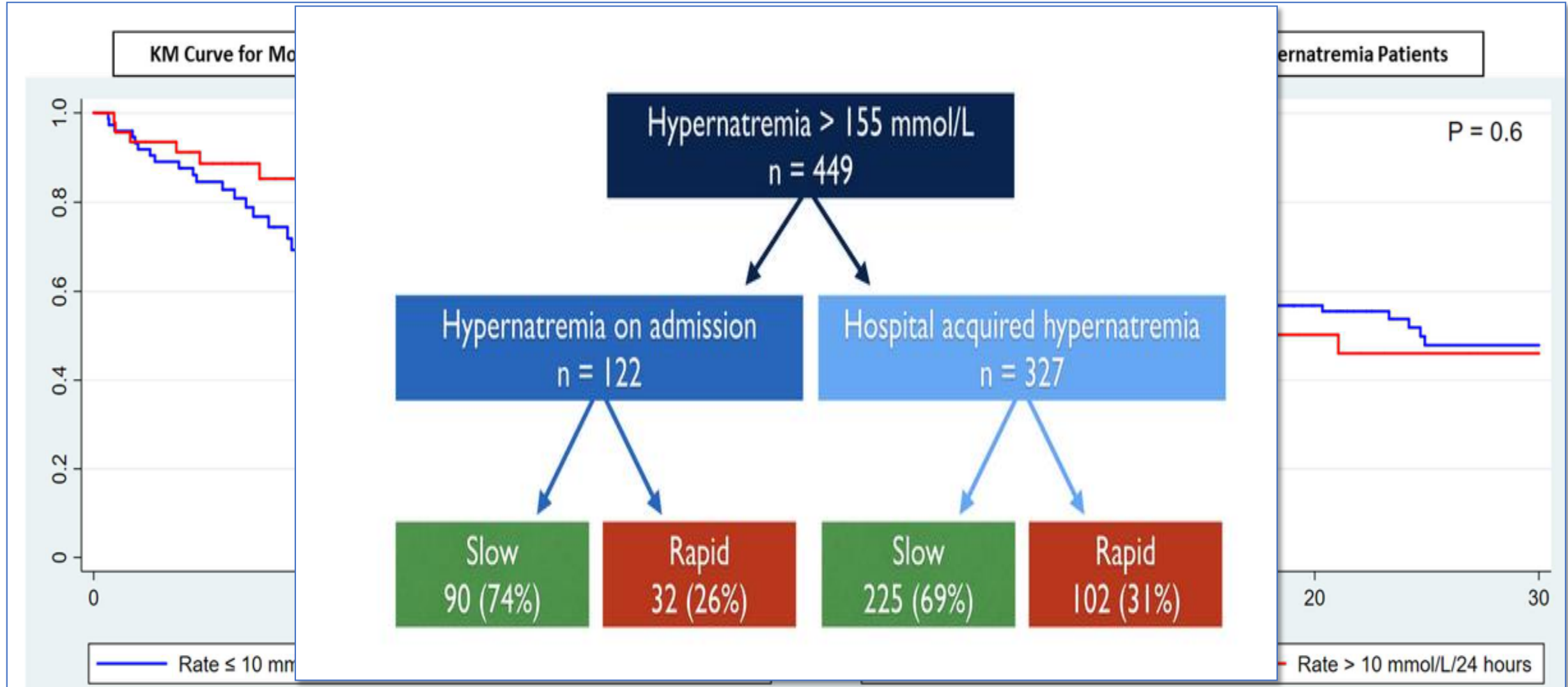
Αναπλήρωση υγρών

Ο ρυθμός εξαρτάται από το χρόνο ανάπτυξης της διαταραχής
Όχι διόρθωση >10 mEq/24ωρο

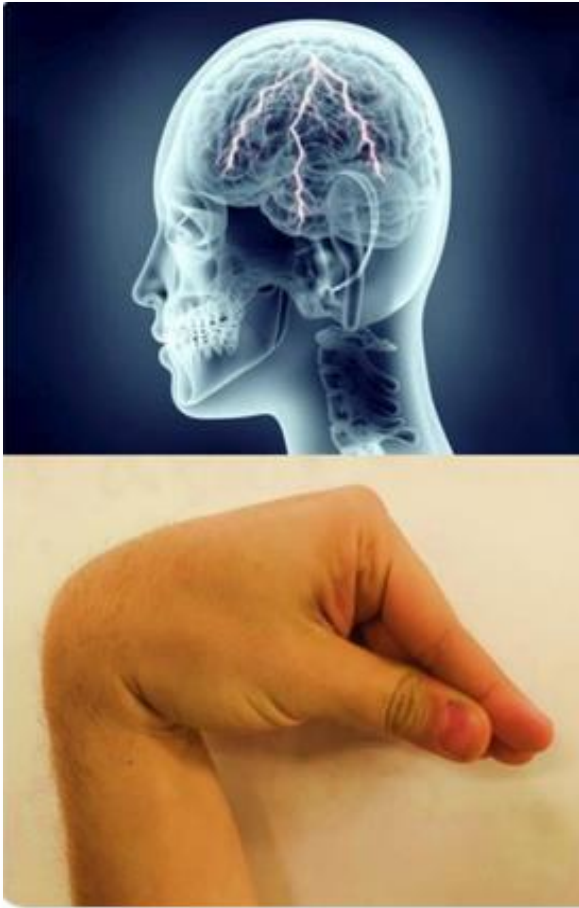
- 50% του ελλείμματος δίνεται το 1^ο 24ωρο και το άλλο την επόμενη μέρα
- Προτιμώνται υπότονα διαλύματα
- Διορθώστε λοιπές ηλεκτρολυτικές διαταραχές
- Αν ο ασθενής είναι αιμοδυναμικά ασταθής ξεκινήστε με ισότονα διαλύματα



Rate of Correction of Hypernatremia and Health Outcomes in Critically Ill Patients



↓ Ca^{+2}



Κόπωση, θόλωση, απώλεια μνήμης, άγχος, κατάθλιψη, αιμωδίες, κράμπες, σπασμοί

↓ Mg^{+2}

Συνήθως: ασυμπτωματική
**Νευρομυϊκή
συμπτωματολογία**

- Τρόμος
- Τετανία

**Κεντρικό νευρικό
σύστημα**

- Γνωσιακές διαταραχές
- Απώλεια μνήμης
- Σπασμοί



↓ P

Hypophosphatemia Symptoms

- Μυϊκή αδυναμία
- Σπασμοί
- Διαταραχή προσοχής





Ηλεκτρολυτικές
διαταραχές



Κυτταροτοξικό οίδημα

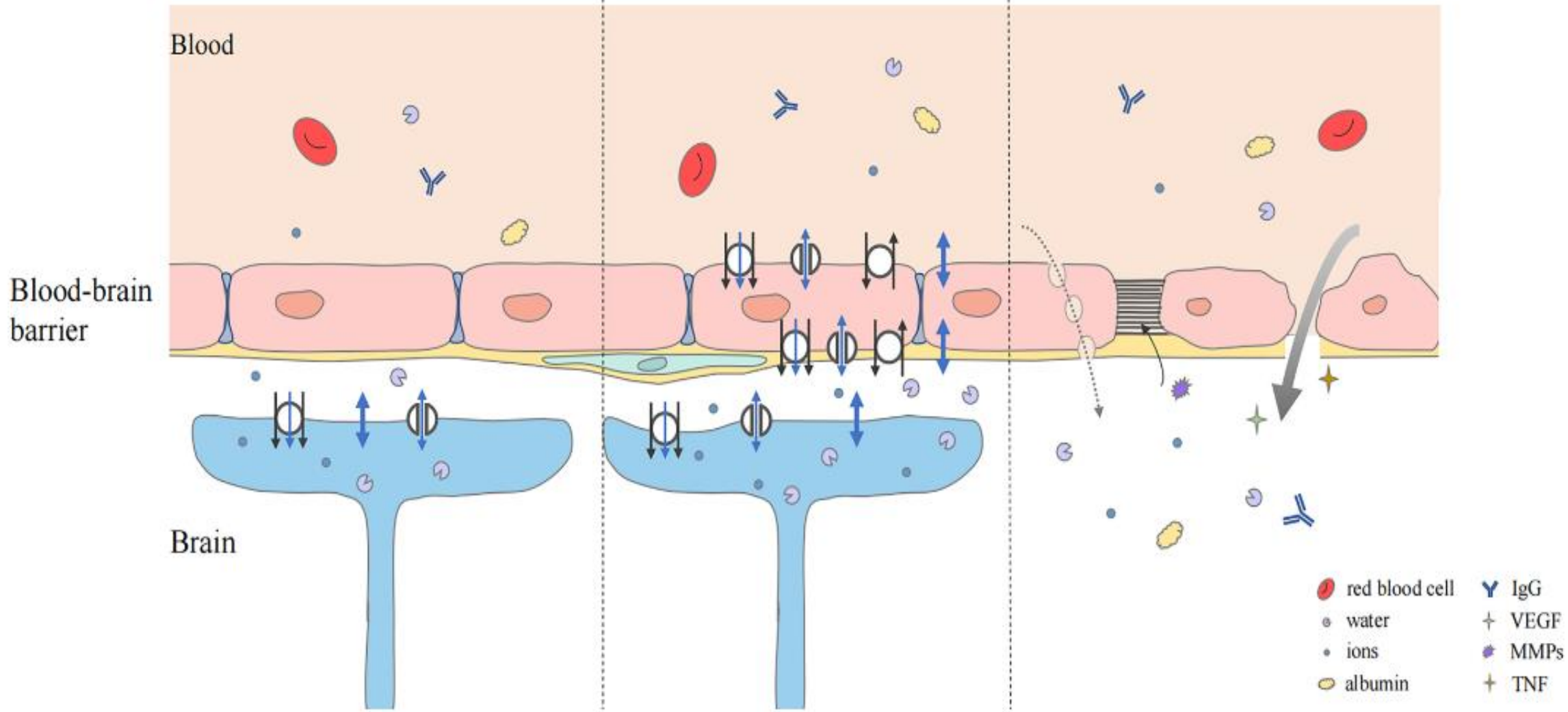
Λεπτά μετά την ισχαιμία

Οίδημα

Αμέσως μετά το οίδημα

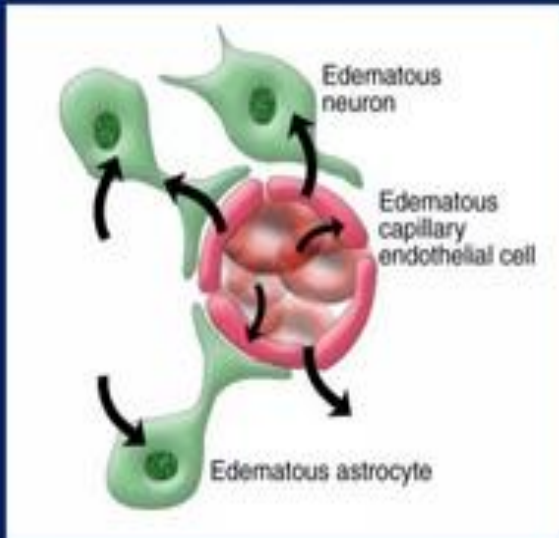
Αγγειογενές οίδημα

Ώρες μετά την ισχαιμία



In cytotoxic edema:
influx of fluid inside
the brain cells

In vasogenic edema:
influx of fluid into
the interstitial space



Εγκεφαλικό οίδημα

Αυξημένη ενδοκράνια
πίεση

Αγγειόσπασμος

Evaluation of Serum Electrolytes in Traumatic Brain Injury Patients: Prospective Randomized Observational Study

Διαταραχές ηλεκτρολυτών	
✓ Υπερνατριαιμία	27,3%
Υπονατριαιμία	18,73%
✓ Υπερκαλιαιμία	17,77%
Υποκαλιαιμία	21,58%
Υπερβεσταιιμία	5,7%
✓ Υπασβεσταιιμία	11,4%
Υπερφωσφαταιιμία	9,8%
Υποφωσφαταιιμία	4,8%

The Clinical Characteristics of Electrolyte Disturbance in Patients with Moderate and Severe Traumatic Brain Injury Who Underwent Craniotomy and Its Influence on Prognosis

Ηλεκτρολυτικές διαταραχές

Electrolyte disturbance	Incidence (%)	Average level (mmol/L)	Occurrence time (days)
Hypernatremia	36.54	155.79±7.69	2.2±0.3
Hyponatremia	16.03	131.20±3.71	10.2±3.3
Hyperkalemia	1.92	7.14±1.30	5.3±0.2
Hypokalemia	48.08	3.07±0.30	1.8±0.6
Hypocalcemia	67.31	1.85±0.10	1.6±0.2
Hypermagnesemia	10.90	1.21±0.43	1.8±0.5
Hypomagnesemia	63.46	0.65±0.06	1.3±0.4

Initial Serum Levels of Magnesium and Calcium as Predictors of Mortality in Traumatic Brain Injury Patients: A Retrospective Study

	Mild GCS (13–15) (<i>n</i> = 88)	Moderate (9–12) (<i>n</i> = 144)	Severe (3–8) (<i>n</i> = 681)	Total
Initial serum calcium (Ca) levels at admission				
Normal	29 (33.0%)	49 (34.0%)	79 (11.6%)	157 (17.2%)
Hypocalcemia	59 (67.0%)	94 (65.3%)	596 (87.5%)	749 (82.0%)
Hypercalcemia	0	1 (0.7%)	6 (0.9%)	7 (0.8%)
Total	88 (100%)	144 (100%)	681 (100%)	913 (100%) *
Initial serum magnesium (Mg) levels at admission				
Normal	64 (72.7%)	97 (67.4%)	449 (66.8%)	610 (67.5%)
Hypomagnesemia	24 (27.3%)	46 (31.9%)	212 (31.5%)	282 (31.2%)
Hypermagnesemia	0	1 (0.7%)	11 (1.6%)	12 (1.3%)
Total	88 (100%)	144 (100%)	672 (100%)	904 (100%) *

Traumatic brain injury

Status epilepticus

Subarachnoid hemorrhage

Ischemic stroke

Intracranial hemorrhage



Blood-brain barrier disruption

Magnesium



Antioxidant capacity

Cytokine production

Lipid peroxidation

Downregulation AQP-4

NMDA receptor antagonist

Maintenance of the integrity of the blood-brain barrier

Brain edema

David Lozada-Martinez et al J Neurocrit Care 2021

Table 2**Incidence of electrolyte imbalance in preoperative and postoperative period.**

Preoperative period	GCS \leq 8	GCS 9–12	GCS 13–15
Hyponatremia	2	0	1
Hypernatremia	6	2	0
Hypokalemia	69	17	9
Hyperkalemia	1	0	0
Hypocalcemia	19	3	2
Hypercalcemia	1	1	0
Hypophosphatemia	56	14	2
Hypomagnesemia	44	12	6
Acidosis	67	16	10
Alkalosis	5	2	1
Postoperative period	GCS \leq 8	GCS 9–12	GCS 13–15
Hyponatremia	2	1	1
Hypernatremia	19	3	0
Hypokalemia	27	5	2
Hyperkalemia	1	0	0
Hypocalcemia	69	16	8
Hypercalcemia	22	5	7
Hypophosphatemia	58	20	9
Acidosis	73	15	10
Alkalosis	1	1	1

Electrolyte Disturbances in Cerebrovascular Stroke

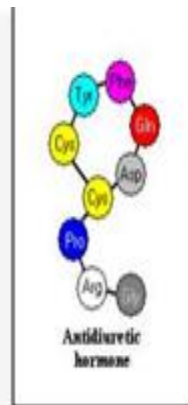
Συσχέτιση
μεταξύ
βαρύτητας
εγκεφαλικού
και
ηλεκτρολυτικών
διαταραχών

	NIH						<i>p</i> -value
	Mild <4 (n=4)		Moderate 4-15 (n=106)		Severe >15 (n=221)		
	No.	%	No.	%	No.	%	
Normal Na (n=258)	4	100	93	87.7	161	72.9	0.006*
Dysnatremia	0	0.0	13	12.3	60	27.1	0.006*
Low (n=59)	0	0.0	10	9.4	49	22.2	0.012*
High (n=14)	0	0.0	3	2.8	11	4.9	0.608
Normal K (n=246)	4	100	85	80.2	157	71.0	0.103
Dyskalemia	0	0.0	21	19.8	64	28.9	0.103
Low (n=59)	0	0.0	15	14.2	44	19.9	0.286
High (n=26)	0	0.0	6	5.7	20	9.0	0.477
Normal Ca (n=281)	3	75	89	83.9	189	85.5	0.801
Dyscalcemia	1	25	17	16.03	32	14.5	0.801
Low (n=46)	1	25	17	16.03	28	12.7	0.578
High (n=4)	0	0.0	0	0	4	1.8	0.365
Normal Mg (n=280)	4	100	96	90.6	180	81.4	0.070
Dysmagnesemia	0	0.0	10	9.4	41	18.6	0.070
Low (n=49)	0	0.0	10	9.4	39	17.6	0.104
High (n=2)	0	0.0	0	0	2	0.9	0.606

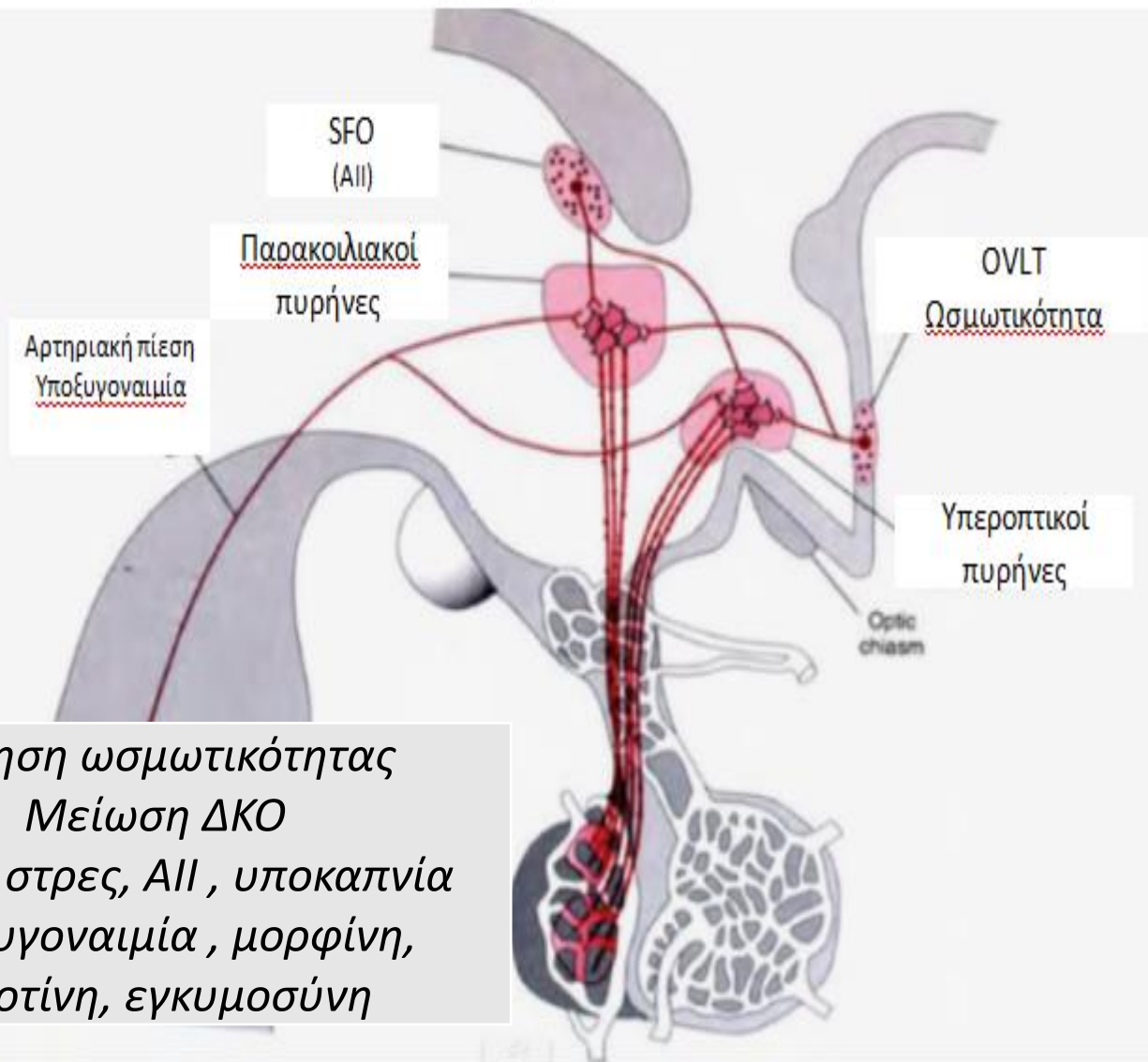
Υπονατρίαμια

- ✓ Εγκεφαλική βλάβη
- ✓ Υποκείμενα νοσήματα
- ✓ Χορηγήσεις
- ✓ Φαρμακευτική αγωγή

SIADH CSWS



Έκκριση ADH



Αύξηση ωσμωτικότητας
Μείωση ΔΚΟ
Πόνος, στρες, AII, υποκαπνία
Υποξυγοναιμία, μορφίνη,
νικοτίνη, εγκυμοσύνη

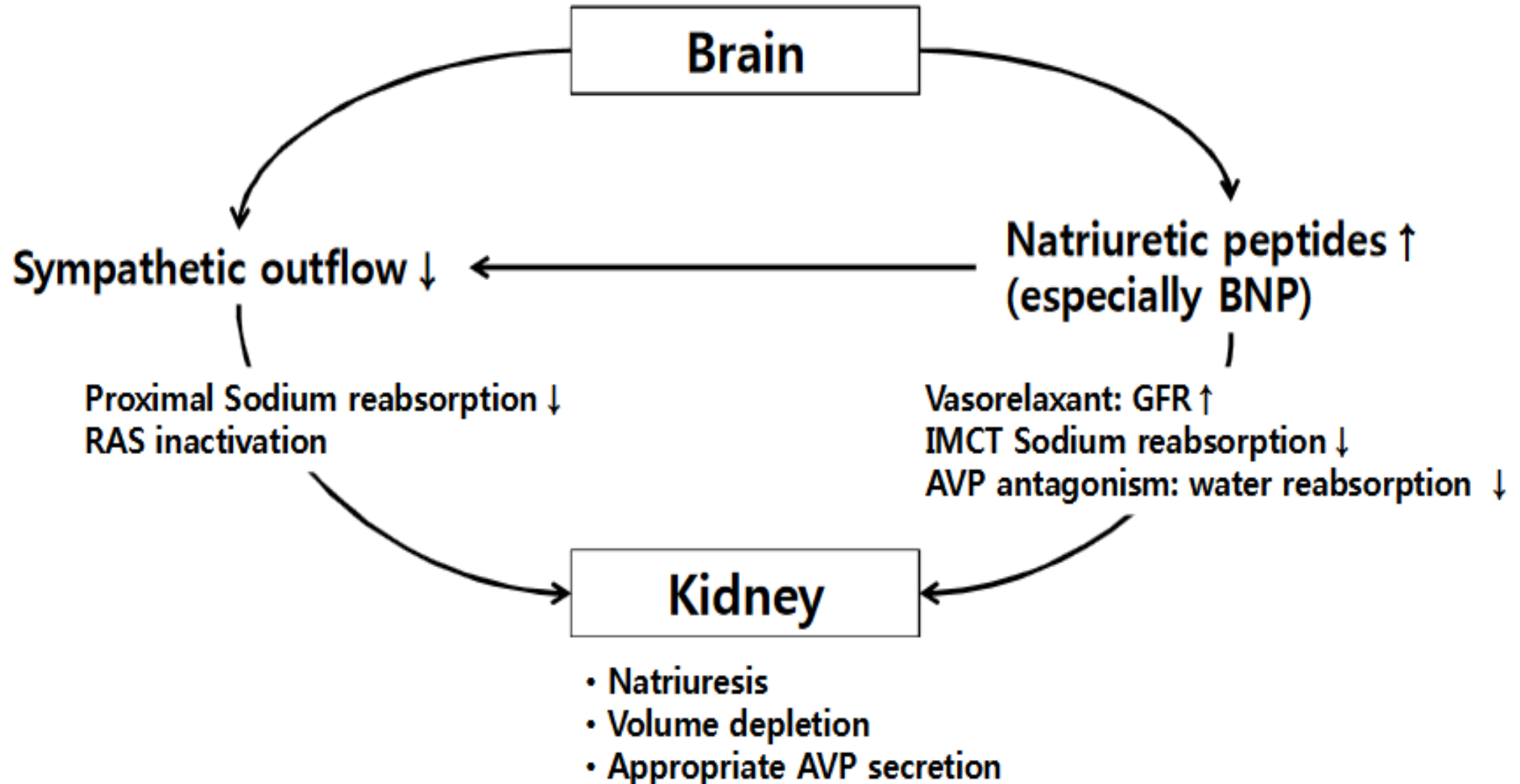
Διαγνωστικά κριτήρια SIADH

Μειωμένη ωσμωτικότητα πλάσματος	<275 mOsm/Kg H ₂ O
Αυξημένη απομάκρυνση νατρίου	>30 mEq/L
Αυξημένη κλασματική απέκκριση ουρικού	>12%
Απρόσφορα αυξημένη συμπύκνωση ούρων	>100 mOsm/Kg H ₂ O

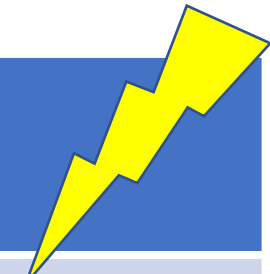
Χωρίς λήψη διουρητικών, αποκλεισμός ενδοκρινοπαθειών

Hyponatremia in Patients with Neurologic Disorders

Dong Ki Kim et al Electrolyte Blood Press 2009



Διαφορική διάγνωση υπονατριαιμίας σε εγκεφαλική βλάβη



	CSWS	SIADH
Εξωκυττάριος όγκος	↓	ΚΦ
U_{Na^+}	>40mEq	>40mEq
P_{osm}	↓	↓
U_{osm}	>100mOsm/Kgr	>100mOsm/Kgr
URCA	↓	↓
Fe_{URCA}	↑	↑
Fe_{URCA} μετά τη διόρθωση	↑	ΚΦ
ΚΦΠ	↓	ΚΦ
BNP	↑	ΚΦ

Αναπλήρωση υγρών
Φθοριοϋδροκορτιζόνη

Στέρηση ύδατος

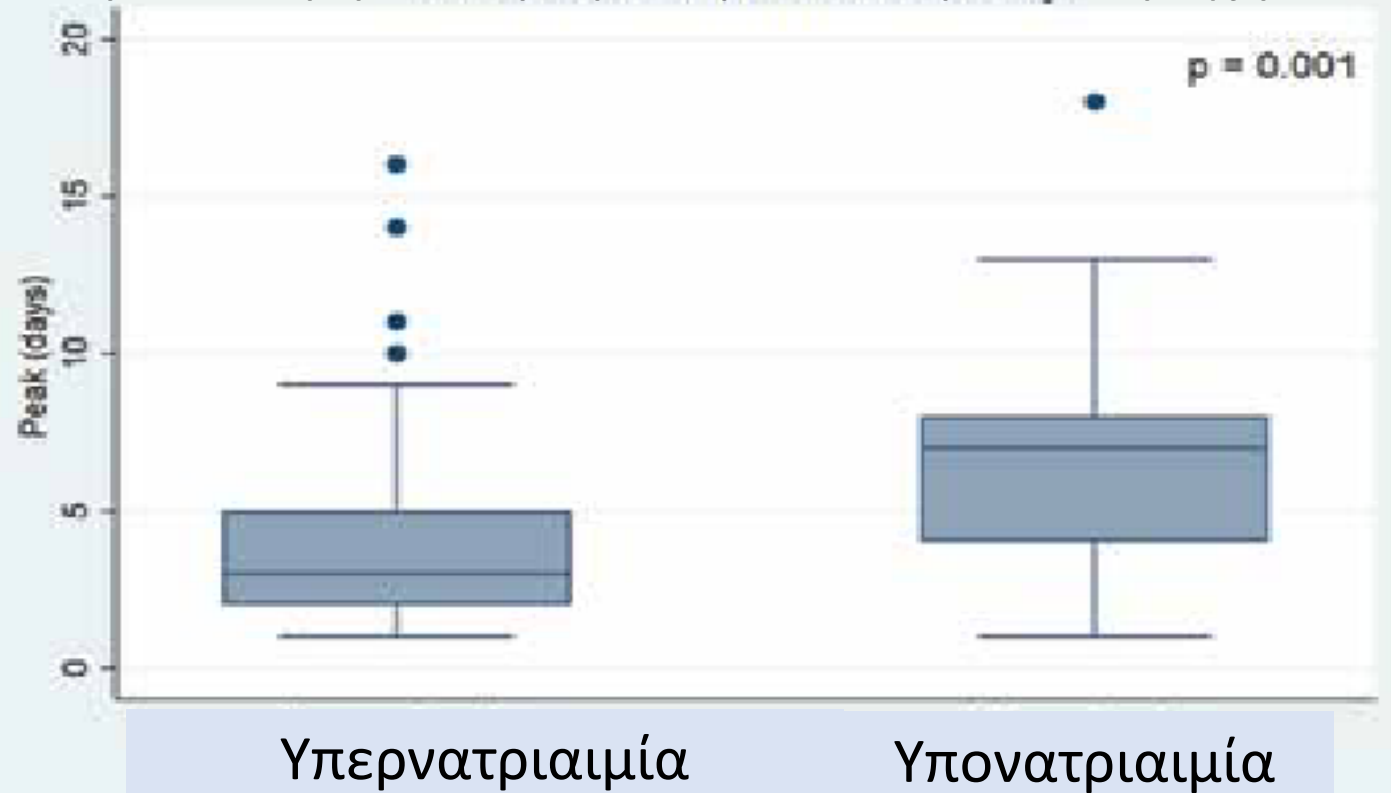
Θνητότητα σε ΑΕΕ/ συσχέτιση με υπονατριαιμία

Modified Barthel Index	Preadmission		On admission		3-Month F/U		12-Month F/U	
	Normal	HypoNa	Normal	HypoNa	Normal	HypoNa	Normal	HypoNa
N	2444	429	2445	429	1886	306	1391	231
Median	20	20	14	13	19	19	19	19
p25	19	19	8	7	16	16	17	17
p75	20	20	19	19	20	20	20	20
<i>P</i>	.864		.049		.174		.636	
Mortality	In-hospital (%)		Hospice (%)		3-Month F/U (%)		12-Month F/U (%)	
HypoNa	76 (13.5)		111 (19.6)		145 (27.3)		175 (35.1)	
Normal	311 (10.5)		449 (15.1)		584 (20.5)		728 (27.5)	
<i>P</i>	.039		.008		.001		.001	

Abbreviations: F/U, follow-up; HypoNa, hyponatremia; p25, percentile 25; p75, percentile 75.

Υπερνατριαιμία

Χρόνος εμφάνισης ηλεκτρολυτικής διαταραχής



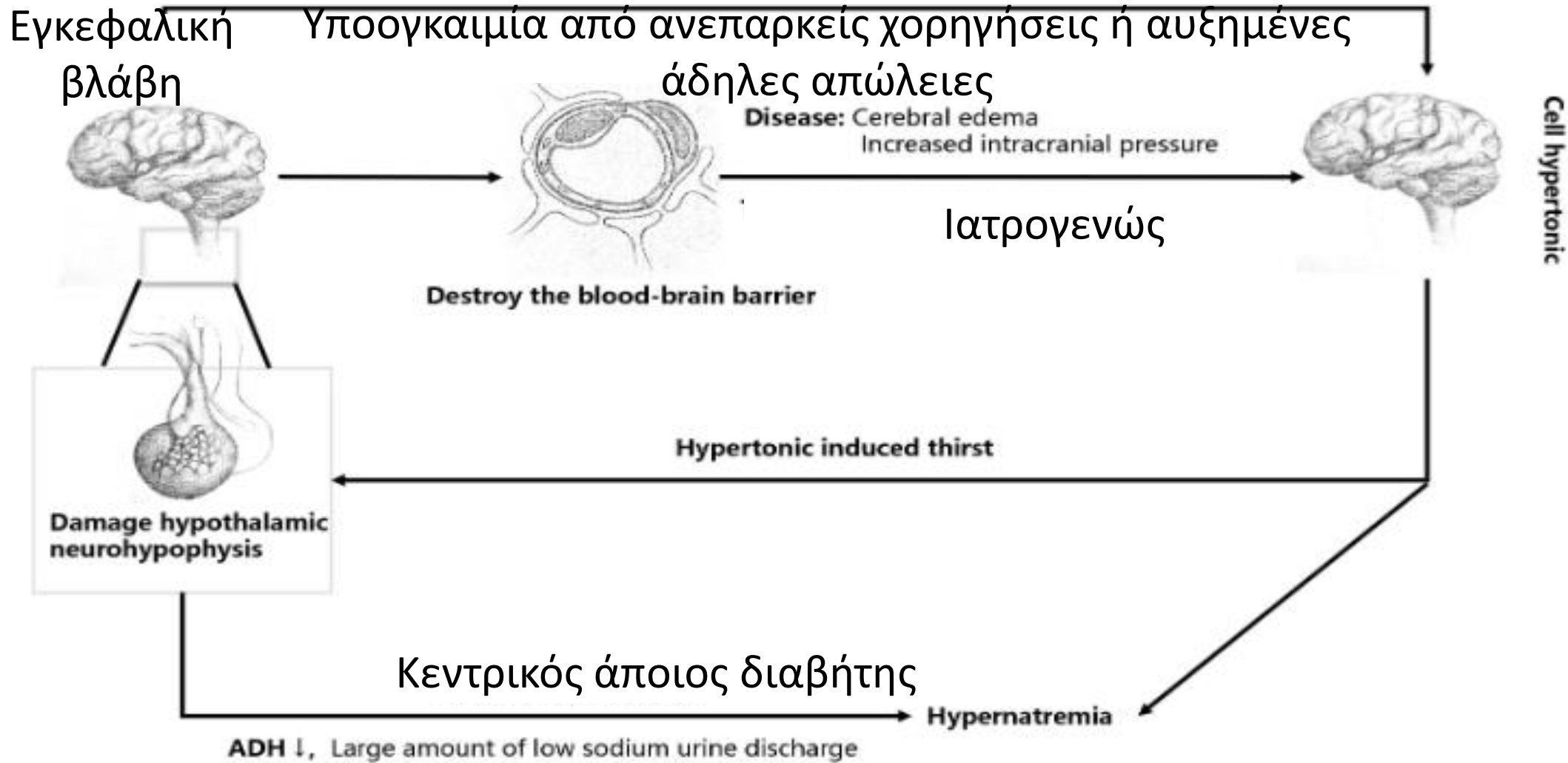
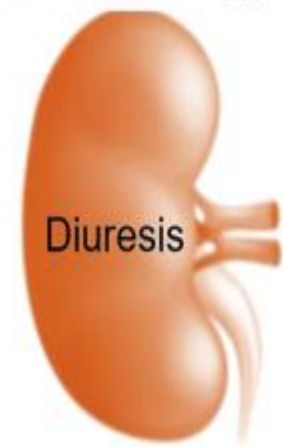
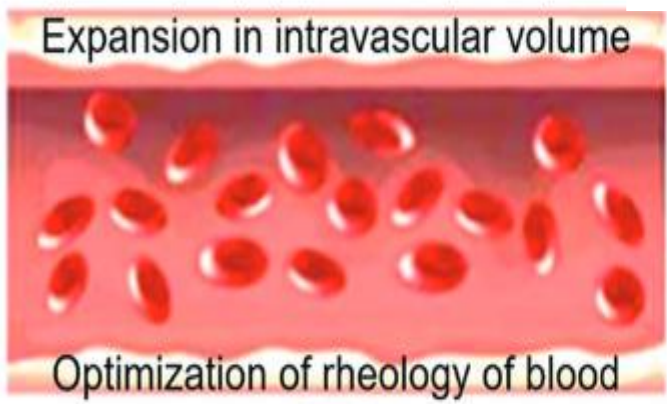
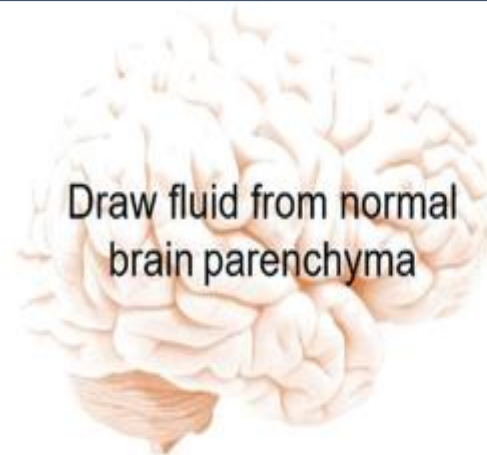
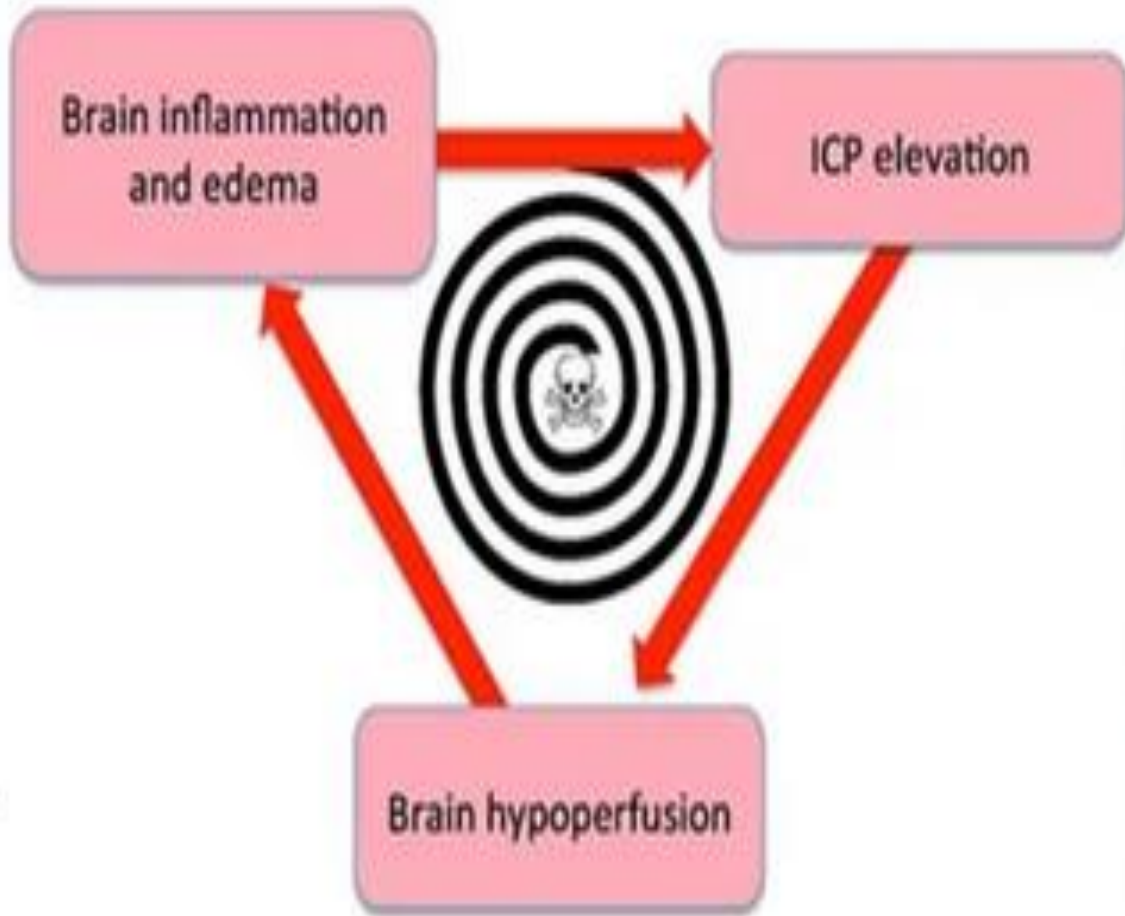


FIGURE 1
The mechanisms of brain injury in patients with hypernatremia.

Death spiral of uncontrolled ICP elevation



Ωσμωτική κλίση
↓
Μετακίνηση H₂O
ενδαγγειακά
↓
Μείωση εγκεφαλικού
οιδήματος
Μείωση ICP

Μαννιτόλη
Ωσμωτική κλίση

Χορήγηση
υπέρτονου

	Μαννιτόλη	Υπέρτονο νάτριο
Ενδείξεις	Ενδοκράνια υπέρταση λόγω εγκεφαλικού οιδήματος	Ενδοκράνια υπέρταση λόγω εγκεφαλικού οιδήματος
Δοσολογία	0,25-1,5g/Kgr bolus /6h	2%, 3% bolus ή συνεχή έγχυση
Στόχος	Ενδοκράνια πίεση, ακτινολογικά ευρήματα	Ενδοκράνια πίεση, ακτινολογικά ευρήματα
Έλεγχος	Αύξηση επιπέδων νατρίου χωρίς υποογκαιμία	Αποφυγή αύξησης επιπέδων νατρίου >160 mEq/l
Πλεονεκτήματα	Γρήγορη μείωση της ενδοκράνιας πίεσης Όχι ανάγκη κεντρικής γραμμής	Αύξηση του ενδαγγειακού όγκου Θετική ινότροπη δράση
Μειονεκτήματα	Η ωσμωτική διούρηση μπορεί να οδηγήσει σε υποογκαιμία Άθροιση στον εγκέφαλο και rebound οίδημα	Υπερογκαιμία πνευμονικό οίδημα Άθροιση στην εγκέφαλο και rebound οίδημα Αιμόλυση Απαιτεί κεντρική γραμμή

Hypernatremia in the neurologic intensive care unit: how high is too high?

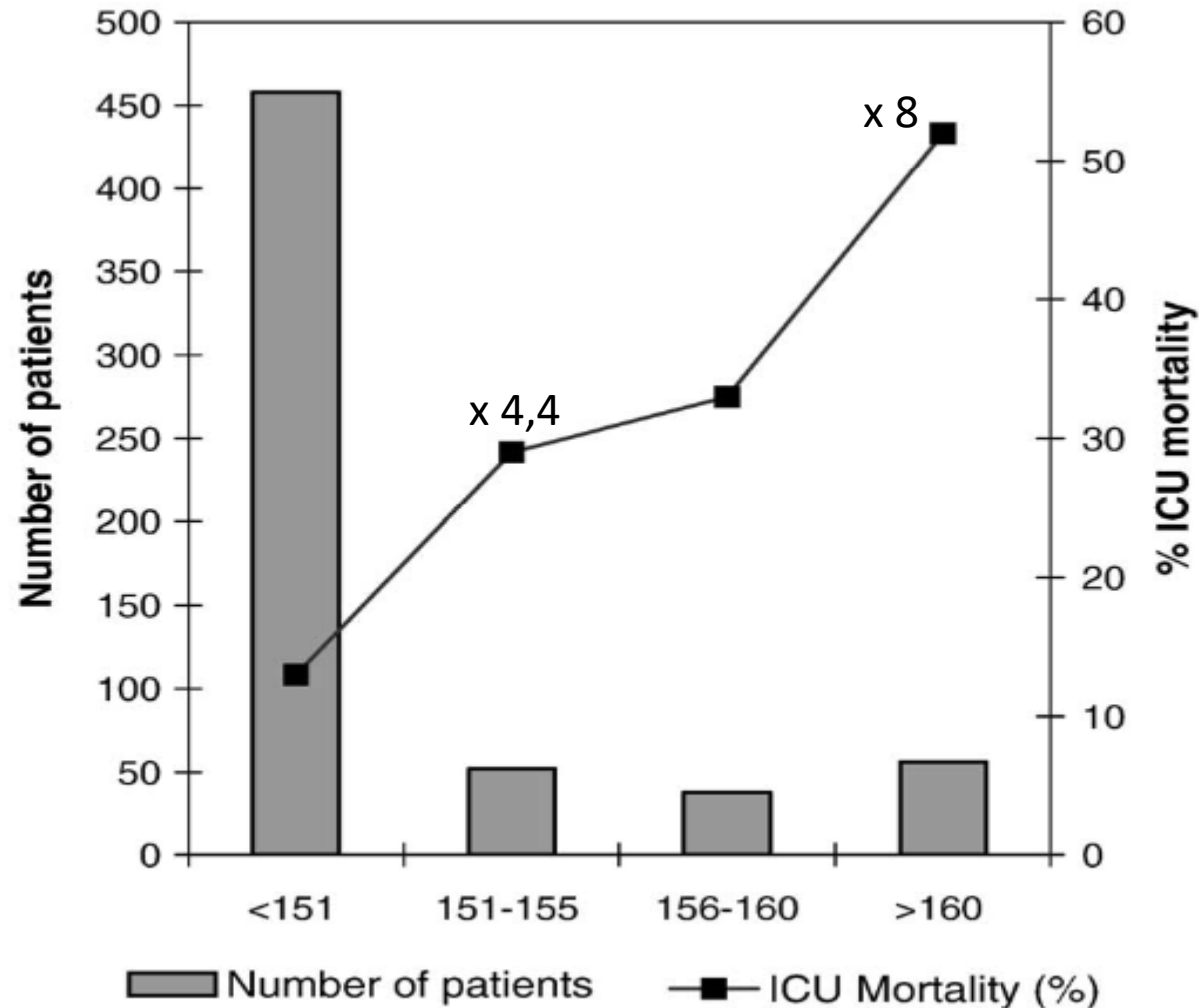


Fig. 1 Increasing mortality with increasing hypernatremia in patients receiving osmotic therapy.



Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας