

Ηλεκτρολύτες

N. Ζάβρας

Παιδοχειρουργός

Οι ηλεκτρολύτες είναι στοιχεία που βρίσκονται στο σώμα και στα υγρά του και φέρουν ηλεκτρικό φορτίο





Ηλεκτρολύτες

ELECTROLYTES







Electrolytes are charged particles (**ions**) that are dissolved in body fluids.

Electrolytes (Dissolved Ions)

Major Positive Ions (**Cations**)

-  Sodium ion, Na^+
-  Potassium ion, K^+
-  Calcium ion, Ca^{2+}
-  Magnesium ion, Mg^{2+}

Major Negative Ions (**Anions**)

-  Chloride ion, Cl^-
-  Bicarbonate ion, HCO_3^-
-  Phosphate ions, HPO_4^{2-} & H_2PO_4^-
-  Sulfate ion, SO_4^{2-}
-  Organic acids
-  Proteins

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

➤ Η θεραπεία παιδιατρικών ασθενών με υγρά περιγράφεται για πρώτη φορά στις αρχές του 20^{ου} αιώνα

➤ 1918: έγχυση ενδοπεριτοναϊκά ισότονου διαλύματος νατρίου 0.8% για θεραπεία διαρροϊκής αφυδάτωσης

(Am J Dis Child 1918; 15: 19-28)

➤ 1933: συνεχής ΕΦ χορήγηση (**ΠΡΩΤΗ ΦΟΡΑ!!**) 5% D/W και RL για αντιμετώπιση αφυδάτωσης

(Am J Dis Child 1931; 42: 781-802)

Νάτριο

ΦΤ: 135-145meq/L

- Αποτελεί κατά 90% τον κύριο ρυθμιστή της ωσμωτικής πίεσης στον **εξωκυττάριο** χώρο λόγω της υψηλής συγκέντρωσής του
- Στα νεογνά υπάρχει μια φυσιολογική τάση για υπονατριαιμία
- Διαταραχές στη συγκέντρωσή του (υπονατριαιμία, υπερνατριαιμία) εκδηλώνονται με διάφορα κλινικά σύνδρομα

Ημερήσιες ανάγκες σε Na^+ κατά ηλικία

- *Νεογνό : 2-4mEq/Kg
- Βρέφος: 2-3mEq/kg
- Παιδί: 3mEq/Kg

* Πρόωρα νεογνά μπορεί να χρειαστούν μεγάλες ποσότητες Na^+ , έως και 9 mEq/Kg λόγω υπερβολικών απωλειών από τα ούρα

Υπερνατριαιμία

τιμές $\text{Na}^+ > 150\text{mmol/L}$

Αίτια:

1. Ανεπαρκής πρόσληψη H_2O , ανικανότητα κατακράτησης H_2O (άποιος διαβήτης), ανικανότητα εκδήλωσης δίψας
2. Χορήγηση διαλυμάτων παρεντερικής
3. Υπερνατριαιμία λόγω διαρροιών (λόγω ελάττωσης του εξωκυτταρίου χώρου)
4. Όγκοι εγκεφάλου (πρόσθιος υποθάλαμος, 3^η κοιλία, που αναστέλλουν το αίσθημα της δίψας)
5. Απώλειες από το δέρμα λόγω εγκαυμάτων, υψηλός πυρετός, τραχειοστομία, δηλητηρίαση με σαλικυλικά
6. Πρωτοπαθής ή δευτεροπαθής υπεραλδοστερονισμός, σ. Cushing

ΚΕ: δίψα, απώλεια βάρους, ευερεθιστότητα, εγκεφαλική αιμορραγία,

Θεραπεία: ήπια αναπροσαρμογή. Τα επίπεδα Na^+ δεν πρέπει να μειωθούν $>15\text{mmol/L}$ τις πρώτες 8—24 ώρες. Χορηγούνται ισότονα διαλύματα, και κυρίως γλυκόζη

Υπονατρίαμια

τιμές $\text{Na}^+ < 135\text{mmol/L}$

1. Περίσσεια H_2O : αποφρακτικές ουροπάθειες, οξεία και χρόνια νεφρική ανεπάρκεια
 2. Κυστική ίνωση
 3. Αυξημένα επίπεδα ADH
 4. Ελαττωμένος όγκος εξωκυτταρίου υγρού (εμετοί, διάρροιες)
 5. Θεραπεία με διουρητικά
 6. Αυξημένος όγκος εξωκυτταρίου χώρου: καρδιακή και νεφρική ανεπάρκεια
 7. Ψευδής υπο-νατρίαμια: υπο-πρωτεϊναιμία, υπερλιπιδαιμία
- ΚΕ: ανορεξία, απάθεια, ναυτία, εμετός, σπασμοί

Διόρθωση υπονατριαιμίας

$mEqNa^+$: (επιθυμητά επίπεδα Na^+ - παρόν Na^+) x 0.6 ΣΒ
(kg)

*Στα νεογνά θεωρούμε ως υπονατριαιμία τιμές
 $Na^+ < 130 mEq/L$

Θεραπεία: αιτιολογική. Η χορήγηση των διαλυμάτων γίνεται με προσοχή ($NaCl$, υπέρτονα διαλύματα, προς αποφυγή αύξησης της ενδοκράνιας πίεσης)

Κάλιο

ΦΤ: 3.5-5 mEq/L

- Αποτελεί το κυριότερο ενδοκυτταρικό κατιόν. Απαντά κατά το πλείστον (95%) μέσα στα κύτταρα, και κυρίως στους σκελετικούς μύες
- Η εντόπιση δεν είναι τυχαία: το K^+ συμμετέχει σε ενζυμικούς μηχανισμούς, βασικούς για την πρωτεϊνοσύνθεση και τη γλυκογονογένεση
- Σχετίζεται άμεσα με το ρυθμό της καρδιακής λειτουργίας, όχι τη συσταλτικότητα της καρδιάς
- Η ρύθμιση του σχετίζεται στενά με τις συγκεντρώσεις των ιόντων Na-H

Ημερήσιες ανάγκες σε K^+ κατά ηλικία

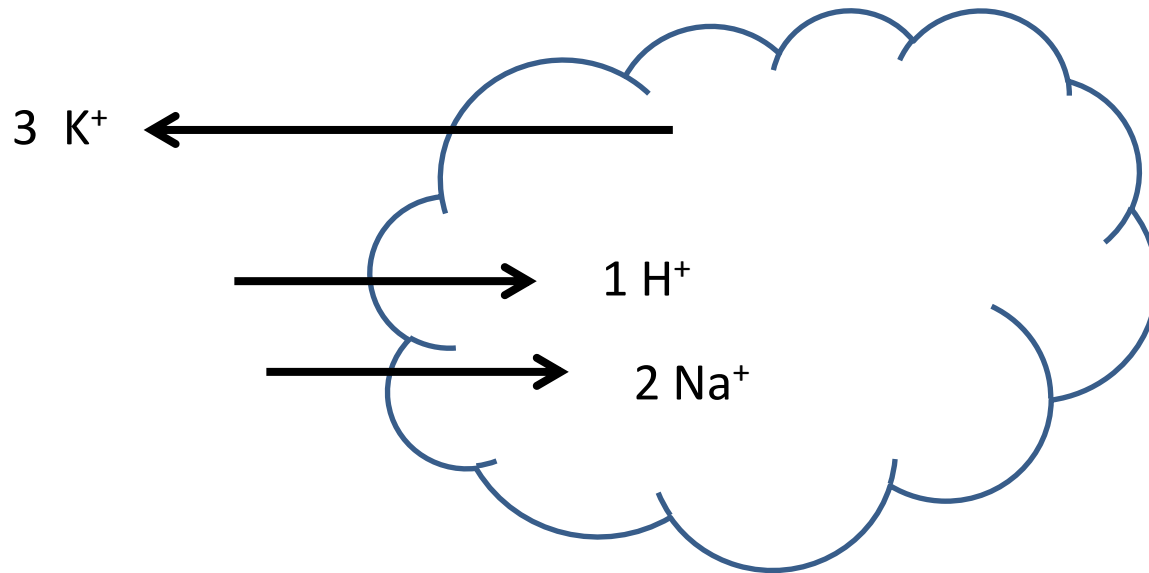
- Νεογνό : 1mEq/Kg
- Βρέφος: 2-3mEq/kg
- Παιδί: 1.5-2.5mEq/Kg

- Καλιοπενία: ελάττωση ολικού καλίου του οργανισμού
- Υποκαλιαιμία ή υπερκαλιαμία: αναφέρεται στις τιμές K^+ στο αίμα

Μηχανισμοί ρύθμισης των επιπέδων Καλίου στο αίμα


- Νεφροί (αποβολή από τα εσπειραμένα σωληνάρια β' τάξης, επίδραση αλδοστερόνης)
- Η αντλία νατρίου
- Το pH του αίματος

Οξέωση



Υπερκαλιαιμία

τιμές $K^+ >6$ mmol/L

- **Αίτια:** οξεία και χρόνια νεφρική ανεπάρκεια, εκτεταμένο ιστικό τραύμα, αυξημένη χορήγηση αίματος, οξέωση, καταπληξία, αιμόλυση, συγγενής υπερπλασία επινεφριδίων λόγω έλλειψης 21-υδροξυλάσης.
- Ιδιαίτερα στα νεογνά: περιγεννητική ασφυξία, ενδοεγκεφαλική αιμορραγία, ενδοπνευμονική αιμορραγία
- **ΚΕ:** μυϊκή αδυναμία, τετανία, παραισθήσεις, κοιλιακή και κοιλιακή μαρμαρυγή, πλήρης Κ-Κ αποκλεισμός
- **Θεραπεία:** χορήγηση διττανθρακικού Na (αλκάλωση  Κ στα κύτταρα) , ιοντοανταλλακτικές ρητίνες (0.2γρ/Kg), γλυκονικό ασβέστιο 10%

Υποκαλιαιμία

τιμές Καλίου < 3.0 mmol/L

Αίτια

1. Απώλεια υγρών από τον πεπτικό σωλήνα
 - Πυλωρική στένωση
 - Ειλεός
 - Διαρροϊκό σύνδρομο
 - Σύνδρομα δυσαπορρόφησης και ΣΒΕ
2. Ανεπαρκής πρόσληψη Καλίου
 - Παρεντερική διατροφή
3. Αποβολή Καλίου από τους νεφρούς
 - Διουρητικά
 - Αλδοστερονισμός (πρωτοπαθής, δευτεροπαθής)
 - Ωσμωτική διούρηση
 - Νεφρική σωληναριακή οξέωση

$K^+ < 3.5 \text{mEq/L}$: απώλεια $200 \text{mEq } K^+$

Κλινική εικόνα υποκαλιαμίας

- Μείωση αντανακλαστικών
- Μυϊκή αδυναμία-χαλαρά παράλυση
- Μετεωρισμός κοιλίας-πάρεση εντέρου
- Πτώση S-T, , επιμήκυνση QT, αρρυθμίες

Θεραπεία

Το απαιτούμενο έλλειμμα K^+ υπολογίζεται από τον τύπο:

K^+ (mmol) = ΒΣ x 0.6 x έλλειμμα K^+ (Φυσιολογική τιμή-παθολογικό εύρημα)

Να θυμόμαστε ότι

1. Ο ρυθμός επανόδου του K^+ σε φυσιολογικές τιμές απαιτεί μέχρι και 24 ώρες
2. Ποτέ δεν χορηγούμε bolus δόσεις K^+

Χλώριο

ΦΤ: 95-105 mmol/L

- Το κυριότερο ανιόν του εξωκυττάρριου χώρου, με αποστολή τη ρύθμιση της ωσμωτικής πυκνότητας του χώρου αυτού
- Προσλαμβάνεται και απορροφάται από τον πεπτικό σωλήνα σε συνδυασμό με το Νάτριο
- Παλαιότερα εθεωρείτο ότι είχε παθητική λειτουργία, συνοδεύοντας απλά το Na^+
- Σήμερα έχει αποδειχθεί ότι μεταφέρεται ενεργά στο ανιόν σκέλος της αγκύλης του Henle και το Na^+ ακολουθεί παθητικά

Ημερήσιες ανάγκες σε Χλώριο κατά ηλικία

- Νεογνό : 1. 1mmol/Kg/24h
- Βρέφος: 2-3mmol/kg
- Παιδί: 2-3mmol/Kg/24h

Κατανομή χλωρίου στους ιστούς

- Πλάσμα-λέμφος : 51%
- Οστά-συνδετικός ιστός: 32%
- Ενδοκυττάριο υγρό-διακυτταρικά υγρά: 16%

Διαταραχές ομοιόστασης Χλωρίου

- Οι αυτοτελείς διαταραχές του Cl^- είναι σπάνιες, και συνήθως συνοδεύονται από διαταραχές του Na^+ και του K^+
- Διακρίνονται στην υπερχλωραιμία και την υποχλωραιμία

Υπερχλωραιμία

τιμές $\text{Cl}^- > 110\text{mmol/L}$

- Αίτια: χορήγηση υπερβολικών ποσοτήτων Cl^- μαζί με Na^+ και K^+ , παθήσεις αναπνευστικού (πνευμονία), αναπνευστική οξέωση, νεφρική ανεπάρκεια, διαρροϊκές κενώσεις
- Κλινικές εκδηλώσεις: αυτές που συνδυάζονται με υπερ-νατρίαμια και υπερ-καλιαμια
- Θεραπεία: D/W 5%, υπότονα διαλύματα σε Cl^- , K^+ και Na^+ , διόρθωση της μεταβολικής οξέωσης

Υποχλωραιμία

τιμές $\text{Cl}^- < 90 \text{ mmol/L}$

- Αίτια: ανεπαρκής πρόσληψη Cl^- , εμετοί (πυλωρική στένωση, εντερικές αποφράξεις), διάρροιες, μηχανικός αερισμός, αναπνευστική αλκάλωση, θεραπεία με διουρητικά
- Κλινική εκδήλωση: οι συνοδές καταστάσεις της μεταβολικής αλκάλωσης που συνδυάζονται με υπο-νατρίαμια και υπο-καλιαμια
- Θεραπεία: παρεντερική χορήγηση διαλυμάτων εμπλουτισμένων σε Cl^-

Μαγνήσιο

ΦΤ: 0.87mmol-0.83 mmol/L (1.8-3.0 mg/100ml)

- Σημαντικό ενδοκυττάριο κατιόν, βασικός καταλύτης σε ενζυμικές αντιδράσεις σχετικές με το μεταβολισμό των υδατανθράκων και της ATP
- Βασικές ανάγκες: 0.2-0.5 mmol/Kg/24 ώρες
- Κατανομή: απαντά κυρίως στα οστά (60%) και τους μύες

Διαταραχές ομοιόστασης Mg^{2+}

➤ Υπερμαγνησισαιμία (>2 mmol/L)

- σπάνια ηλεκτρολυτική διαταραχή. Συναντάται σε ασθενείς με νεφρική ανεπάρκεια, **τραύματα**, **εγκαύματα**, υπερβολική χορήγηση Mg^{++} (νεογνά)

- **ΚΕ**: νευρολογικές διαταραχές, καρδιοαναπνευστική ανεπάρκεια

- **Θεραπεία**: διούρηση, γλυκονικό Ca^{2+}

➤ Υπομαγνησισαιμία: (<0.9 mmol/L)

- ανεπαρκής πρόσληψη, απώλειες από το πεπτικό, μακροχρόνια ΟΠΔ

- **ΚΕ**: νευρομυϊκές και καρδιοαναπνευστικές διαταραχές

- **Θεραπεία**: χορήγηση διαλύματος $MgSO_4$ σε δόση 0.1-0.5 ml/kg/12h ή 6h

Φωσφόρος

ΦΤ: 1.22-1.90 mmol/L (2-4.5 mg/100ml)

- Σημαντικό ενδοκυττάριο ανιόν, που χρησιμεύει για το σχηματισμό νουκλεοτιδίων, αποθήκευση ενέργειας και το μεταβολισμό των οστών
- Βασικές ανάγκες: 0.5-2 mmol/kg/24h.
- Απορροφάται από το λεπτό έντερο
- Απαντά στο αίμα υπό μορφή φωσφορικών ριζών

Διαταραχές ομοιόστασης Φωσφόρου

➤ **Υπερφωσφαταιμία:** $P > 2 \text{ mmol/L}$

-**Αίτια:** υποπαραθυρεοειδισμός, χρόνια νεφρική ανεπάρκεια

-**ΚΕ:** αφυδάτωση, υπασβεστιαμία

-**Θεραπεία:** διόρθωση αφυδάτωσης, χορήγηση Ca^{++} , μείωση χορήγησης P

➤ **Υποφωσφαταιμία:** $P < 1.2 \text{ mmol/L}$

-**Αίτια:** εγκαύματα, μακροχρόνια ΟΠΔ, ανεπαρκής πρόσληψη, ραβδομυόλυση

-**ΚΕ:** αδυναμία, υπερασβεστιουρία, οστικοί πόνοι, δυσλειτουργία μυοκαρδίου

-**Θεραπεία:** χορήγηση P per Os ή ως πρόσθετο IV σε διαλύματα

Ασβέστιο

ΦΤ: 2.2-2.5 mmol/L (9-11 mg/100ml)

- Είναι συγκεντρωμένο στα οστά (99%)
- Αποτελεί πολύ σημαντικό κατιόν του οργανισμού
- 45% συνδέεται με πρωτεΐνες, 50% είναι ιονισμένο, 5% συνδέεται με φωσφορικά άλατα
- Το ιονισμένο ασβέστιο συμμετέχει στην πήξη, τη λειτουργία των νευρομυϊκών συνάψεων και τη νεφρική λειτουργία
- Η συγκέντρωσή του στο πλάσμα ρυθμίζεται από την αλληλεπίδραση της καλσιτονίνης, της παραθορμόνης και της βιταμίνης D

Το συνολικό ποσό του Ca^{++} στο πλάσμα επηρεάζεται από:

- το επίπεδο των **πρωτεϊνών** στο πλάσμα και
- το **pH**: η οξέωση αυξάνει τον ιονισμό, η αλκάλωση τον μειώνει (προσοχή στη γρήγορη διόρθωση της οξέωσης με αλκάλια)

Διαταραχές στην ομοιόσταση του Ασβεστίου

➤ **Υπερασβεστιαμία:** $\text{Ca}^{++} > 4\text{mmol/L}$ ή 11mg/dl

-Αίτια: υπερβολική χορήγηση Ca^{++} , πρωτοπαθής νεογνικός υπερπαραθυρεοειδισμός, παιδικός υπερπαραθυρεοειδισμός, σύνδρομο νέκρωσης υποδορίου λίπους, κακοήθη νεοπλάσματα

-ΚΕ: ναυτία, εμετός, νεφρική ανεπάρκεια, μυαλγίες, κεφαλαλγία, λήθαργος

-Θεραπεία: χορήγηση υγρών και διουρητικών

➤ **Υπασβεστιαμία:** $\text{Ca}^{++} < 2.5\text{mmol/L}$ ή 7mg/dl

-Αίτια: διατροφικά, παγκρεατίτιδα, εντερικά και παγκρεατικά συρίγγια, μακροχρόνια παρεντερική διατροφή, νεφρική ανεπάρκεια, μετά θυρεοειδεκτομή λόγω αφαίρεσης παραθυρεοειδών αδένων

-ΚΕ: αιμωδίες άκρων, τετανία, σπασμοί, καρδιακές αρρυθμίες

-Θεραπεία: αιτιολογική

Διόρθωση υπασβεστιαμίας

- Χορήγηση αλβουμίνης
- Χορήγηση CaCl_2 : 10mg/kg

Κολλοειδή διαλύματα

	Na⁺	K⁺	Cl⁻
• Πλήρες αίμα	142mEq/L	5mEq/L	103mEq/L
• ΣΕ	5mEq/250ml	20mEq/250ml	13mEq/250ml
• Πλάσμα	38mEq/250ml	1mEq/250ml	5mEq/100ml
• Αλβουμίνη	16mEq/100ml		2mEq/100ml

Opening move

Fluids from 150 to
180 ml/kg/24 hr

"Ok, I move my urine
volume up and my
osmolality down.
Your move."

