

Νεφρικό Σύστημα

Φυσιολογία

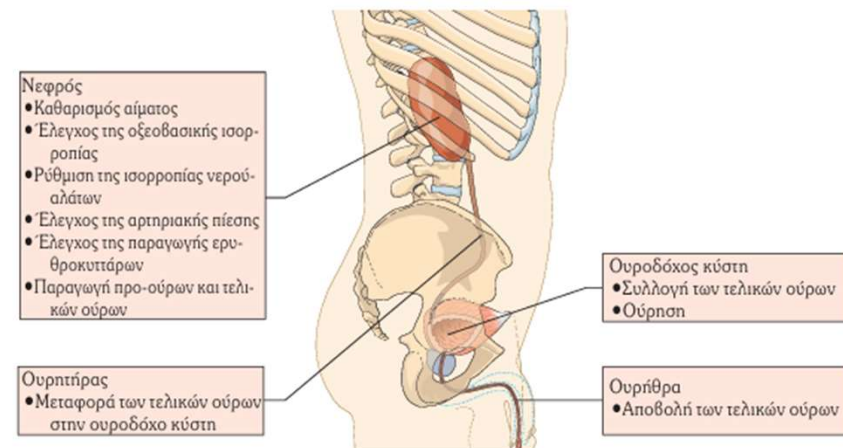
PT_103

- Περιγραφή των νεφρικών λειτουργιών
- Λειτουργία καθαρισμού με απέκκριση άχρηστων ουσιών ή περίσσειας προϊόντων
- Ρύθμιση της ισορροπίας υγρών και ηλεκτρολυτών
- Ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας
- Ούρηση

Γενικές Πληροφορίες

• Οι νεφροί είναι όργανα που εκτελούν πολλαπλές και ζωτικές λειτουργίες. Ορισμένες από αυτές πραγματοποιούνται μέσω αλληλεπίδρασης με άλλα συστήματα, όπως για παράδειγμα το αναπνευστικό σύστημα. Σχηματικά μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθες λειτουργίες:

- ρύθμιση της συγκέντρωσης σημαντικών μεταβολιτών και ιόντων στο αίμα,
- ρύθμιση του όγκου και της ωσμωτικότητας των σωματικών υγρών,
- παραγωγή ούρων,
- αποβολή προϊόντων του καταβολισμού του αζώτου, ορισμένων τοξικών ενώσεων και της περίσσειας ουσιών,
- ρύθμιση του pH του πλάσματος,
- παραγωγή ορμονών.

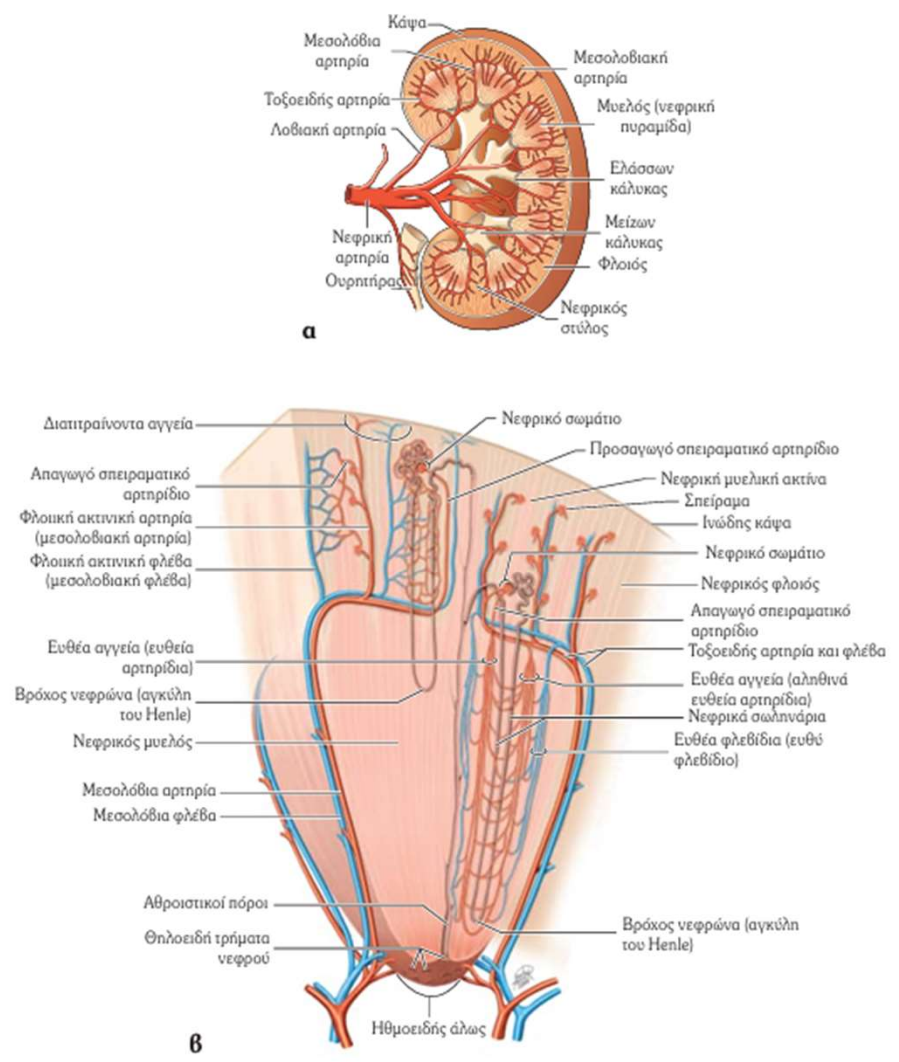


Νεφροί

- Σκοπός της παραγωγής ούρων είναι να καθαρίσει το αίμα από τους καταβολίτες, αλλά και να διατηρήσει σταθερό τον όγκο και τη σύσταση του αίματος (**ομοιόσταση**).
- Το νεφρικό σύστημα αποτελείται από ένα ζεύγος διηθητικών οργάνων, τους νεφρούς, που βρίσκονται οπίσθια στο άνω μέρος της κοιλιακής περιοχής. Κάθε ένας από αυτούς φιλτράρει το αίμα χάρη στους ειδικούς σχηματισμούς που περιέχουν, γνωστούς ως **νεφρικά σωμάτια**.
- Παράγουν σωληναριακό υγρό, επίσης γνωστό ως «**προ-ούρα**» ή «**πρωτογενή ούρα**», το οποίο ρέει μέσω αυλών (νεφρικά σωληνάκια), που συνδέονται με τα νεφρικά σωμάτια, τα οποία συγκρατούν ή απελευθερώνουν νερό και άλατα ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού.
- Τα **τελικά ούρα** κατευθύνονται στη συνέχεια σε δύο αγωγούς, τους ουρητήρες, οι οποίοι κατέρχονται στην πύελο, όπου τα ούρα αποστραγγίζονται σε μια δεξαμενή συλλογής, την **ουροδόχο κύστη**.
- Όταν τα ούρα συσσωρεύονται σε ποσότητες που επαρκούν για να διαστέλλουν τα τοιχώματα της ουροδόχου κύστης, δημιουργείται ένα ερέθισμα που προκαλεί την **ούρηση**.

Νεφροί

- Οι νεφροί είναι συμμετρικά οπισθοπεριτοναϊκά όργανα που βρίσκονται εκατέρωθεν της σπονδυλικής στήλης. Έχουν σχήμα φασολιού και διατάσσονται κατά μήκος με το κοίλο τμήμα (πύλη) στραμμένο προς τη σπονδυλική στήλη. Κάθε νεφρός έχει μήκος 10-12 εκατοστά και ζυγίζει περίπου 150 γραμμάρια.
- Το αρτηριακό αίμα φτάνει στους νεφρούς μέσω της νεφρικής αρτηρίας, η οποία διακλαδίζεται από την κοιλιακή αορτή.



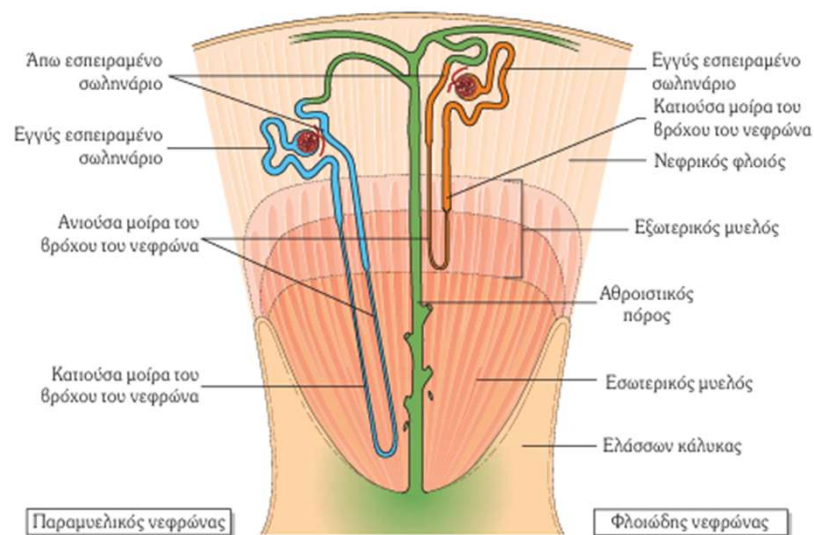
Εικόνα 14.2 Νεφροί. **α**, Εσωτερική διαμόρφωση σε επιμήκη τομή και αγγείωση του νεφρού. **β**, Αιμάτωση του νεφρικού παρεγχύματος.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥ ΝΕΦΡΩΝΑ

- Οι νεφρικές λειτουργίες επιτελούνται σχεδόν εξ ολοκλήρου από συγκεκριμένες δομές, όπως οι λειτουργικές μονάδες των νεφρών: οι **νεφρώνες**. Οι νεφρώνες αποτελούνται από νεφρικά σωμάτια και νεφρικά σωληνάρια.
- Τα νεφρικά σωμάτια πραγματοποιούν διήθηση του αίματος (**υπερδιήθηση**) και παράγουν πρωτογενή ούρα (που ονομάζονται επίσης προ-ούρα).
- Η **επαναρρόφηση** μεγάλου μέρους του νερού (από όλο το διηθημένο πλάσμα απομένει μόνο 1,5/2 L ούρων την ημέρα) και όλων των χρήσιμων ουσιών, όπως οι υδατάνθρακες και τα αμινοξέα, που επιστρέφουν στην κυκλοφορία, γίνεται στα νεφρικά σωληνάρια.
- Στα σωληνάρια συμβαίνει επίσης η **έκκριση**, η οποία είναι το αντίθετο της επαναρρόφησης, μέσω της οποίας άλλες άχρηστες ουσίες, όπως τα φάρμακα, αποβάλλονται από το αίμα των περισωληναριακών τριχοειδών αγγείων στα ούρα που ρέουν στα νεφρικά σωληνάρια.
- Η τελευταία διαδικασία που συμβαίνει στον νεφρώνα είναι η **απέκκριση** ή αποβολή ουσιών μέσω των τελικών ούρων, η ποσότητα των οποίων μπορεί να ποικίλλει ανάλογα με τα υγρά που καταναλώνονται με τη διατροφή, την εξωτερική θερμοκρασία και την εφίδρωση, καθώς και το επίπεδο της σωματικής δραστηριότητας.

Νεφρώνας

- Κάθε νεφρός περιέχει περίπου ένα εκατομμύριο νεφρώνες, οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα, και καθένας από αυτούς σχηματίζεται από το νεφρικό σωματίο (ή μαλπιγιανό σωματίο) και από τα νεφρικά σωληνάρια.
- Το νεφρικό σωματίο αποτελείται από σπειραματικά τριχοειδή αγγεία (νεφρικό σπείραμα) που περιτυλίγονται σε μια επιθηλιακή δομή, τη σπειραματική κάψα (ή ελυτρο Bowman).
- Τα νεφρικά σωληνάρια υποδιαιρούνται σε διαδοχικά σωληναριακά τμήματα:
 - το εγγύς εσπειραμένο σωληνάριο
 - τον βρόχο του νεφρώνα
 - το άπω εσπειραμένο σωληνάριο
 - το αθροιστικό σωληνάριο
 - τον αθροιστικό πόρο



Οι νεφρώνες ταξινομούνται γενικά σε δύο ομάδες: φλοιώδεις νεφρώνες και παραμελικοί νεφρώνες. Οι παραμελικοί νεφρώνες αντιπροσωπεύουν περίπου το 20% όλων των νεφρώνων και διαφέρουν από τους αντίστοιχους φλοιώδεις νεφρώνες στο ότι το σπείραμα βρίσκεται πολύ κοντά στον νεφρικό μυελό, έχουν μακρύτερο βρόχο νεφρώνα και το απαγωγό αρτηρίδιο διακλαδίζεται σε συγκεκριμένα περισωληναριακά τριχοειδή, τα ευθέα αγγεία, των οποίων η πορεία ακολουθεί εκείνη των σωληναρίων του βρόχου του νεφρώνα.

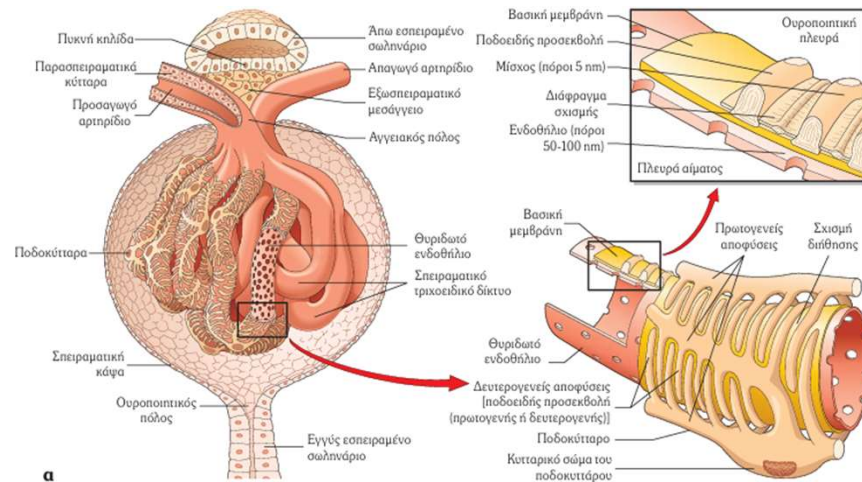
Σπειραματική υπερδιήθηση

Η σπειραματική υπερδιήθηση είναι μια διαδικασία, μέσω της οποίας το αίμα φιλτράρεται από τα σπειραματικά τριχοειδή στον καψικό χώρο, απομακρύνοντας τα σωματιδιακά στοιχεία και τα μακρο μόρια με μοριακό βάρος άνω των 70 kDa.

Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για την αποβολή άχρηστων, επιβλαβών, εξωγενών ή περίσσειας ουσιών.

Το αίμα διηθείται μέσω ενός διαφράγματος ή **φραγμός διήθησης**, που βρίσκεται μεταξύ του αίματος που περιέχεται στα σπειραματικά τριχοειδή και την σπειραματική κάψα (έλυτρο Bowman), η οποία αποτελείται από τρία στοιχεία: το θυριδωτό ενδοθήλιο του σπειραματικού τριχοειδούς, τον βασικό υμένα και τα ποδοκύτταρα.

Η διέλευση των μορίων από αυτό το φίλτρο εξαρτάται από το μέγεθος και το ηλεκτρικό φορτίο τους, ανεξάρτητα από το αν πρόκειται για χρήσιμα ή απόβλητα μόρια. Για παράδειγμα, μόρια με μοριακό βάρος κάτω των 70 kDa, όπως η γλυκόζη, η ουρία, οι μικρές πρωτεΐνες και οι ορμόνες μπορούν να διαπεράσουν ελεύθερα, ενώ οι μεγάλες πρωτεΐνες και τα αιμοσφαίρια δεν μπορούν να περάσουν από τον φραγμό διήθησης. Για μόρια με το ίδιο μοριακό βάρος, τα θετικά φορτισμένα διηθούνται ευκολότερα, επειδή στην επιφάνεια του φραγμού υπάρχουν αρνητικά φορτία (σialοπρωτεΐνη και γλυκοπρωτεΐνη).



Σπειραματική υπερδιήθηση

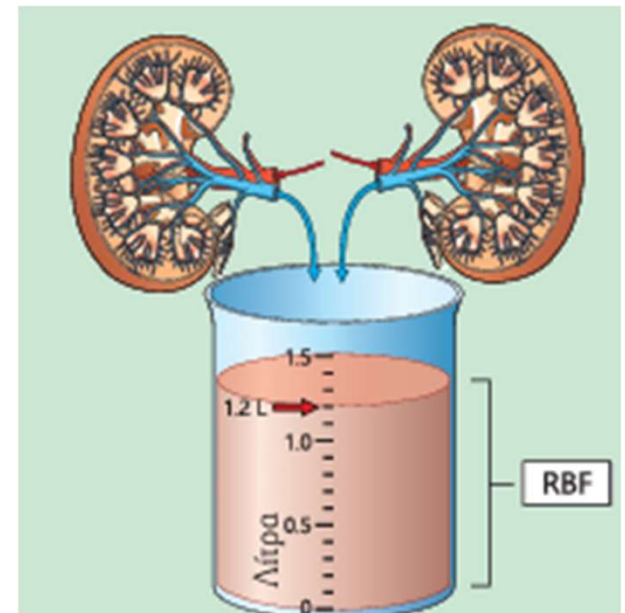
- Η σπειραματική υπερδιήθηση βασίζεται στη δράση διάφορων δυνάμεων, γνωστών ως δυνάμεις **Starling**, οι οποίες λειτουργούν ανταγωνιστικά μεταξύ τους: η υδροστατική πίεση του αίματος μέσα στο σπειραματικό τριχοειδές (P_{gc}) και η ογκωτική πίεση του πλάσματος που διηθείται στη σπειραματική κάψα (p_{gcap}) ευνοούν τη διαδικασία διήθησης, ενώ η υδροστατική πίεση του διηθήματος στη σπειραματική κάψα (P_{gcap}) και η ογκωτική πίεση του αίματος στο σπειραματικό τριχοειδές (p_{gc}) εμποδίζουν τη διαδικασία διήθησης. Το αλγεβρικό άθροισμα των δυνάμεων Starling που ευνοούν ή εμποδίζουν τη διαδικασία διήθησης του πλάσματος ονομάζεται **συνολική πίεση διήθησης (P_f)**:

$$P_f = (P_{gc} + p_{gcap}) - (P_{gcap} + p_{gc})$$

- Αυτή η τιμή πίεσης υποδεικνύει την ένταση της δύναμης που παράγει η ροή του διηθημένου πλάσματος, ενώ το πρόσημο υποδεικνύει την κατεύθυνση της διήθησης. Στα σπειραματικά τριχοειδή, σε αντίθεση με ό,τι παρατηρείται στα περιφερικά τριχοειδή, η P_f είναι πάντα θετική, παρόλο που η p_{gcap} είναι μηδενική (κατά σύμβαση). Επειδή ο φραγμός διήθησης εμποδίζει τη διέλευση των περισσότερων πρωτεϊνών του πλάσματος στη σπειραματική κάψα, η P_{gc} είναι πάντοτε υψηλότερη από το άθροισμα των άλλων δύο δυνάμεων (p_{gc} και P_{gcap}), οι οποίες εμποδίζουν τη διαδικασία διήθησης και, επομένως, η διήθηση του πλάσματος από τα τριχοειδή προς τη σπειραματική κάψα προανυπαγοποιείται πάντοτε

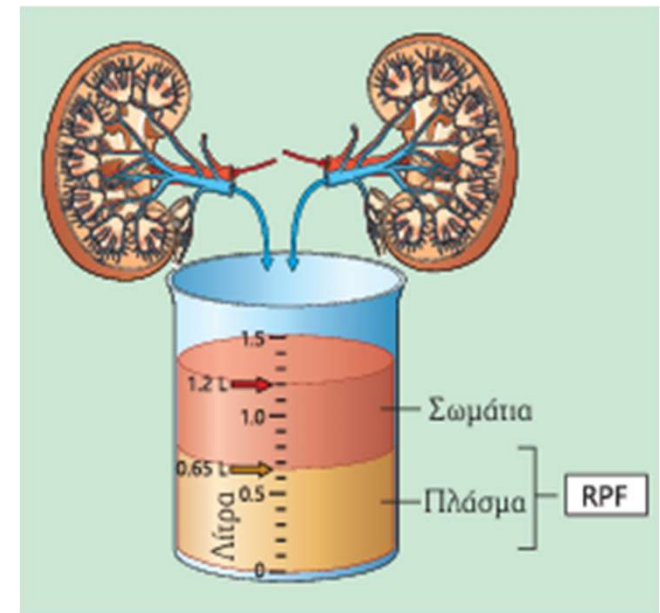
Η νεφρική αιματική ροή (Renal Blood Flow, RBF)

- είναι ο όγκος αίματος που διέρχεται από τους νεφρούς στη μονάδα του χρόνου. Η μέση RBF είναι 1.200 ml ανά λεπτό, που ισοδυναμεί με περίπου 20 έως 25% της καρδιακής παροχής. Σε μία ημέρα, περίπου 1.700 λίτρα αίματος ρέουν μέσω των νεφρών.



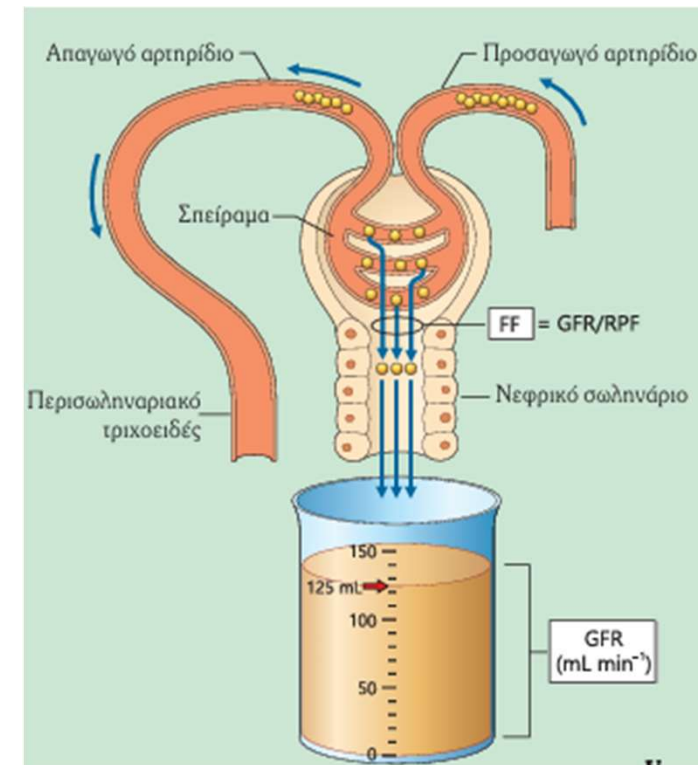
Η νεφρική ροή πλάσματος (Renal Plasma Flow, RPF)

- είναι ο όγκος του πλάσματος που διέρχεται από τους νεφρούς στη μονάδα του χρόνου.
- Με επίπεδα αιματοκρίτη ίσα με το 45% του όγκου του αίματος, η μέση RPF είναι 660 mL ανά λεπτό ($1.200 \times 55\%$), που ισοδυναμεί με 950 L ανά ημέρα.



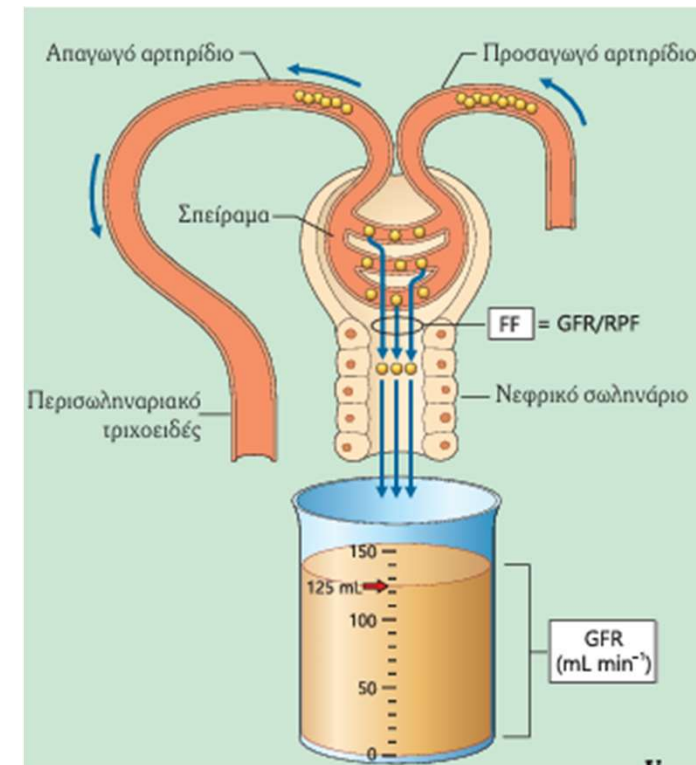
Ο ρυθμός σπειραματικής διήθησης (GFR)

- αποτελεί βασική παράμετρο για την αξιολόγηση της νεφρικής λειτουργίας. Έχει τις διαστάσεις μιας ροής και ορίζεται ως ο όγκος του πλάσματος που διηθείται από τα σπειραματικά τριχοειδή αγγεία στη σπειραματική κάψα στη μονάδα του χρόνου.
- Ο μέσος GFR σε ένα υγιές άτομο είναι 125 ml ανά λεπτό. Αυτό σημαίνει ότι ολόκληρος ο όγκος του πλάσματος, που είναι περίπου 3 L, διηθείται 2,5 φορές σε μία ώρα και περίπου 60 φορές σε μία ημέρα.
- Δεν διηθείται όλο το πλάσμα που διέρχεται από τους νεφρούς και το μεγαλύτερο μέρος του ρέει απευθείας από τα σπειραματικά τριχοειδή στα περισωληναριακά τριχοειδή μέσω του απαγωγού αρτηριδίου. Το κλάσμα διήθησης (Filtration Fraction, FF) είναι μια παράμετρος που λαμβάνεται διαιρώντας τον ρυθμό σπειραματικής διήθησης με τη νεφρική ροή πλάσματος και παρέχει πληροφορίες για το ποσοστό του πλάσματος που διηθείται μέσω των σπειραματικών τριχοειδών αγγείων.



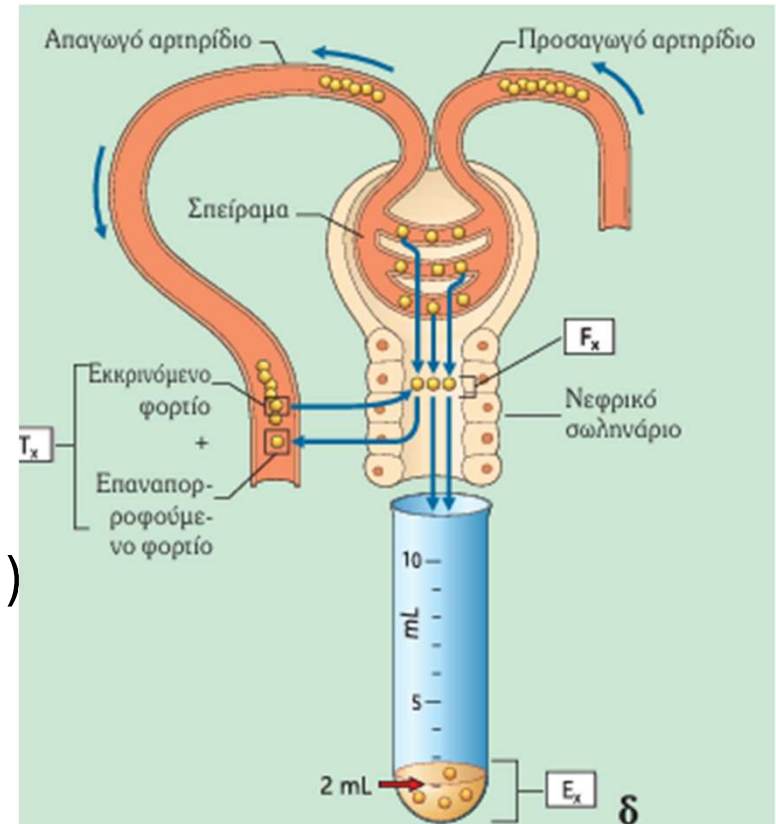
Ο ρυθμός σπειραματικής διήθησης (GFR)

- Γενικά, το κλάσμα διήθησης είναι περίπου 0,2 και αυτό σημαίνει ότι μόνο το 20% του πλάσματος που διέρχεται από τους νεφρούς διηθείται.
- Αποτελεί σημαντικό δείκτη της νεφρικής λειτουργίας και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της σοβαρότητας και της πορείας συγκεκριμένων νεφροπαθειών. Στην κλινική πρακτική, η τιμή του εκτιμάται με βάση τα επίπεδα κρεατινίνης στο αίμα.



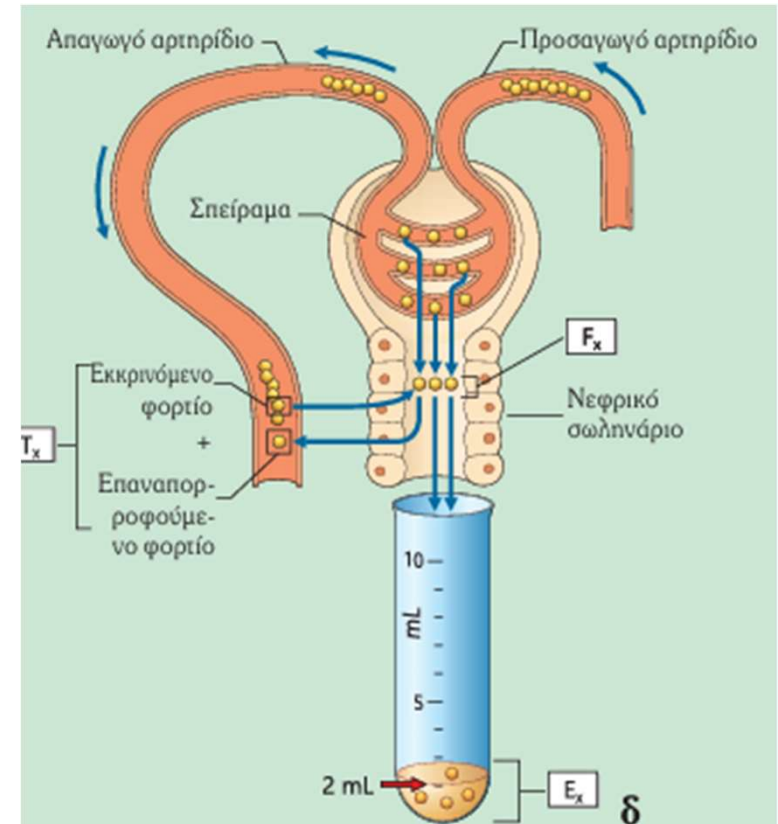
φορτίο διήθησης

- Το **φορτίο διήθησης** (Filtered Load, FX) είναι η ποσότητα μιας ουσίας, μετρούμενη σε χιλιοστόγραμμα, που διηθείται σε 1 λεπτό Το φορτίο διήθησης μιας ουσίας υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη συγκέντρωση [X]P στο πλάσμα για την εν λόγω ουσία επί τον GFR:
- $FX \text{ (mg min}^{-1}\text{)} = [X]P \text{ (mg mL}^{-1}\text{)} \text{ GFR (mL min}^{-1}\text{)}$



Ρυθμός απέκκρισης & σωληναριακό φορτίο

- Ο **ρυθμός απέκκρισης** (Excretion Rate, E_x) είναι η ποσότητα μιας συγκεκριμένης ουσίας που αποβάλλεται με τα ούρα στη μονάδα του χρόνου
- Το **σωληναριακό φορτίο** (Tubular Load, T_x) ορίζεται ως η ποσότητα μιας ουσίας που επαναρροφάται ή εκκρίνεται.
- Το σωληναριακό φορτίο έχει θετική τιμή για τις ουσίες που επαναρροφώνται, ενώ η τιμή είναι αρνητική για τις εκκρινόμενες ουσίες.



ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΣΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ

- Η αρτηριακή πίεση (P_a) και η υδροστατική πίεση στο σπειραματικό τριχοειδές (P_{gc}) συσχετίζονται στενά.
- Για παράδειγμα, κάθε φορά που η P_a αυξάνεται, θα πρέπει να αντιστοιχεί σε αύξηση της P_{gc} , με επακόλουθη αύξηση του ρυθμού σπειραματικής διήθησης (GFR) και προοδευτική αφυδάτωση του υποκειμένου.
- Στην πράξη, αυτό δεν συμβαίνει επειδή εντός ενός καθορισμένου εύρους τιμών αρτηριακής πίεσης μεταξύ 80 και 180 mmHg, ο GFR παραμένει σταθερός χάρη σε δύο διεργασίες: την **αυτορρύθμιση** και την **εξωγενή ρύθμιση**.

Αυτορρύθμιση GFR

- Η αυτορρύθμιση βασίζεται σε δύο μηχανισμούς: τη **μυογενή απόκριση** και τη **σωληναριοσπειραματική ανατροφοδότηση**.
- Η λειτουργία αυτών των μηχανισμών είναι να αποσυνδέουν τη διαδικασία νεφρικής διήθησης από την P_a και, επομένως, να διατηρούν σταθερό τον ρυθμό με τον οποίο οι ουσίες φθάνουν στο άπω εσπειραμένο σωληνάριο.

Εξωγενής ρύθμιση (GFR)

- Ο GFR μπορεί επίσης να ρυθμιστεί μέσω εξωγενών ρυθμιστικών μηχανισμών. Η ρύθμιση αυτή μεσολαβείται από τη νεφρική εννεύρωση, από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα.
- Το πιο προφανές παράδειγμα είναι αυτό που παρατηρείται μετά από μια αιμορραγία. Η αιμορραγία προκαλεί πτώση της P_a , η οποία ανιχνεύεται από τους αορτικούς και καρωτιδικούς τασεοϋποδοχείς.
- Αυτό ενεργοποιεί τα νευρικά αντανακλαστικά που διεγείρουν το καρδιακό συμπαθητικό (αύξηση της καρδιακής παροχής) και το αγγειακό σύστημα (αύξηση της περιφερικής αγγειοσύσπασης).
- Ταυτόχρονα, οι νεφρικές συμπαθητικές δράσεις οδηγούν σε αγγειοσύσπαση των σπειραματικών προσαγωγών αρτηριδίων, με επακόλουθη μείωση του GFR. Στη συνέχεια, η παραγωγή ούρων μειώνεται και παρατηρείται μεγαλύτερη κατακράτηση υγρών και αλάτων, με αποτέλεσμα την αποκατάσταση των τιμών αναφοράς της P_a .

Απέκκριση και παραγωγή ούρων

- Μία από τις βασικές νεφρικές λειτουργίες είναι η αποβολή, που ονομάζεται επίσης **απέκκριση**. Μέσω των ούρων, οι νεφροί αποβάλλουν ουσίες που είναι είτε απόβλητα είτε βρίσκονται σε περίσσεια στο αίμα. Η ποσότητα μιας ουσίας που αποβάλλεται με τα ούρα είναι ίση με την ποσότητα της ουσίας που διηθείται, στην οποία προστίθεται η ποσότητα που εκκρίνεται, μείον τυχόν επαναρρόφηση.
- Ο ρυθμός απέκκρισης είναι μια άμεση και αντικειμενική παράμετρος που δείχνει την ικανότητα των νεφρών να αποβάλλουν μια συγκεκριμένη ουσία. Στην πράξη, για την ποσοτικοποίηση της νεφρικής λειτουργίας, ως δείκτης της αποτελεσματικότητας με την οποία οι νεφροί αποβάλλουν συγκεκριμένες ουσίες, χρησιμοποιείται η **νεφρική κάθαρση**.
- Η νεφρική κάθαρση ορίζεται ως ο όγκος πλάσματος που καθαρίζεται πλήρως από μια δεδομένη ουσία σε μια μονάδα χρόνου.

Γλυκόζη

- Ουσίες όπως η γλυκόζη, όταν βρίσκονται σε κατάλληλο εύρος συγκεντρώσεων στο πλάσμα, διηθούνται και επαναροφώνται πλήρως, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ίχνος στα ούρα.
- Στην περίπτωση αυτή, η κάθαρση γλυκόζης, δηλαδή ο όγκος του πλάσματος που καθαρίζεται πλήρως από τη γλυκόζη, είναι ίσος με μηδέν.
- Ωστόσο, εάν μια ουσία επαναροφάται μόνο εν μέρει, η ποσότητα πλάσματος που καθαρίζεται πλήρως από την ουσία αυτή είναι μικρότερη από το διηθημένο πλάσμα.

Ινουλίνη

- Ουσίες όπως η ινουλίνη, ένας πολυσακχαρίτης με μοριακό βάρος 5.200 Da, διηθείται και δεν επαναροφάται ή εκκρίνεται, επομένως ολόκληρη η ποσότητα ινουλίνης που διηθείται βρίσκεται στα ούρα.
- Αυτό σημαίνει ότι ο όγκος του πλάσματος καθαρίζεται πλήρως από την ινουλίνη, πράγμα που σημαίνει ότι η κάθαρση ινουλίνης είναι ισοδύναμη με την ποσότητα πλάσματος που διηθείται (δηλαδή τον GFR), η οποία θα επαναροφηθεί σχεδόν πλήρως χωρίς ινουλίνη.

Ανωμαλίες της νεφρικής λειτουργίας

- Η κρεατινίνη παράγεται συνεχώς από τον μεταβολισμό των σκελετικών μυών. Η παραγωγή της είναι ευθέως ανάλογη με τη μάζα του μυϊκού ιστού. Ως εκ τούτου, η συγκέντρωσή της στο αίμα υπολογίζεται από την ισορροπία μεταξύ της παραγωγής της από τους σκελετικούς μύες και της νεφρικής αποβολής της.
- Σε φυσιολογικές καταστάσεις, όταν η νεφρική λειτουργία είναι αμετάβλητη και ο GFR είναι περίπου 125 mL min^{-1} , η συγκέντρωση της κρεατινίνης στο αίμα είναι σταθερή στο $1 \text{ mg}/100 \text{ mL}$. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το σύνολο της κρεατινίνης που παράγεται από τους μύες αποβάλλεται.
- Ας υποθέσουμε ότι, λόγω ενός παθολογικού συμβάντος, ο GFR μειώνεται γρήγορα στο μισό της τιμής αναφοράς του, η οποία είναι περίπου 62 mL min^{-1} : στην περίπτωση αυτή, η ισορροπία παραγωγής/έκκρισης κρεατινίνης θα μεταβληθεί με επακόλουθη αύξηση της συγκέντρωσης κρεατινίνης στο αίμα.
- Επομένως, η αύξηση της τιμής της κρεατινίνης ορού αποτελεί έμμεσο δείκτη της μείωσης του GFR.

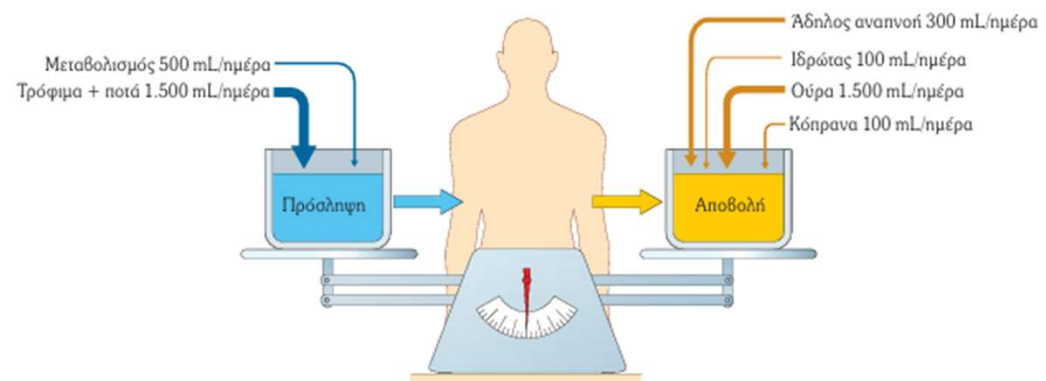
ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

- Τα υγρά και τα άλατα του σώματος πρέπει να διατηρούνται σταθερά και σε ισορροπία.
- Για να διατηρηθεί η ομοιόσταση του νερού και των αλάτων, η ποσότητα που εισέρχεται πρέπει πάντα να ισούται με την ποσότητα που εξέρχεται
- Το μεγαλύτερο μέρος του νερού που υπάρχει στο ανθρώπινο σώμα, περίπου 1.500 ml κάθε μέρα, λαμβάνεται μέσω της τροφής και της πόσης. Ο κυτταρικός μεταβολισμός οδηγεί επίσης στον σχηματισμό περίπου άλλων 500 ml νερού την ημέρα - επομένως, κατά μέσο όρο, το σώμα λαμβάνει περίπου 2 λίτρα νερού κάθε μέρα.

ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

- Προκειμένου να διατηρηθεί η ομοιόσταση του νερού, η ίδια ποσότητα νερού που εισέρχεται στο σώμα πρέπει επίσης να εξέρχεται από το σώμα. Από τα 2 λίτρα νερού που αποβάλλονται κάθε μέρα, αποβάλλονται περίπου:

- 1.500 mL από τους νεφρούς με τα ούρα
- 300 mL εκπνέονται από τους πνεύμονες ως υδρατμοί
- 100 mL αποβάλλονται μέσω του δέρματος με διάχυση και εφίδρωση
- 100 mL αποβάλλονται μέσω του εντέρου με τα κόπρανα



ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

- Η ομοιόσταση των υγρών και των ηλεκτρολυτών είναι μια ολοκληρωμένη διαδικασία, η οποία πραγματοποιείται από διάφορα συστήματα που δρουν σε αγγειακό, νευρικό, πεπτικό, αναπνευστικό και ενδοκρινικό επίπεδο, ο **νεφρικός έλεγχος** είναι ο σημαντικότερος μηχανισμός για τη ρύθμιση αυτή!
- Οι νεφροί δεν παράγουν νερό, μπορούν μόνο να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα με την οποία αυτό διατηρείται ή αποβάλλεται από το σώμα.
- Πολλοί από τους ρυθμιστικούς μηχανισμούς ομοιόστασης του νερού και των αλάτων περιλαμβάνουν **ορμόνες**.

Αντιδιουρητική Ορμόνη (ADH)

- Το νερό επαναρροφάται σε διάφορα τμήματα του νεφρώνα, αλλά μόνο στα βασικά κύτταρα του άπω εσπειραμένου σωληναρίου και του αθροιστικού πόρου η επαναρρόφηση αυτή μπορεί να ρυθμιστεί από την ADH σε σχέση με το ισοζύγιο νερού.
- Η ADH παράγεται από τους μεγαλοκυτταρικούς νευρώνες του υποθαλάμου μετά από αύξηση της ωσμωτικότητας του αίματος, μείωση της αρτηριακής πίεσης ή υποογκαιμία.
- Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η επαναρρόφηση του νερού και η μείωση της ποσότητας των τελικών ούρων.

Αλδοστερόνη

- Το νάτριο επαναρροφάται επίσης σε διάφορα τμήματα του νεφρώνα, αλλά μόνο στα βασικά κύτταρα του άπω εσπειραμένου σωληναρίου και του αθροιστικού πόρου η επαναρρόφηση αυτή μπορεί να ρυθμιστεί από την **αλδοστερόνη**.
- Αυτή η στεροειδής ορμόνη παράγεται από τον φλοιό των επινεφριδίων (αδένες επί των νεφρών) ως απάντηση σε αυξημένο κάλιο ή μειωμένο νάτριο στο αίμα ή μετά από διέγερση από τη παρασπειραματική συσκευή (σωληναριοσπειραματική ανατροφοδότηση) των νεφρικών σωματίων, αντισταθμίζοντας τη μείωση της πρόσληψης νερού.

Οξεοβασική ισορροπία

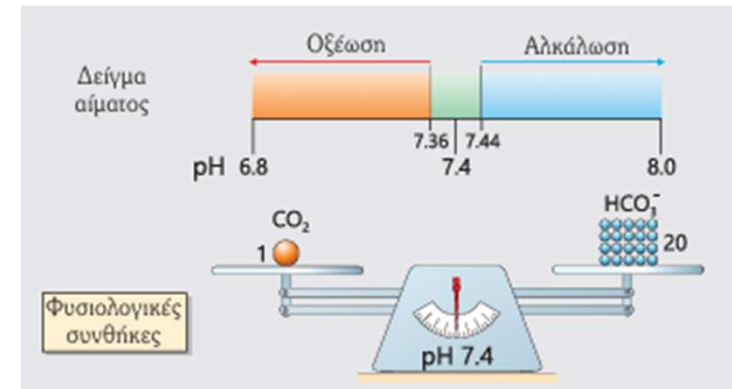
- Είναι η λειτουργία του οργανισμού που του επιτρέπει να ρυθμίζει με ακρίβεια την τιμή του pH και πραγματοποιείται με τη συνδυασμένη δράση του αναπνευστικού και του νεφρικού συστήματος.
- Η κατανόηση των μηχανισμών που κρύβονται πίσω από την οξεοβασική ισορροπία δεν είναι εύκολη, ιδίως επειδή περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών των δύο συστημάτων, καθώς και τη συμμετοχή άλλων συστατικών, των οποίων το ρυθμιστικό σύστημα είναι το σημαντικότερο.
- Η ισορροπία των οξέων (ιόντα H^+) και των βάσεων (OH^-) ακολουθεί τους ίδιους κανόνες που ισχύουν για όλες τις άλλες ουσίες: η ποσότητα που εισέρχεται πρέπει να είναι ίση με την ποσότητα που εξέρχεται.
- Τα οξέα αποβάλλονται πάντοτε ως διοξείδιο του άνθρακα μέσω των πνευμόνων και ως ιόντα υδρογόνου μέσω των νεφρών.

ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

- Το pH του αίματος και του εξωκυττάριου σωματικού υγρού διατηρείται σταθερό στην τιμή 7,4.
- Οποιαδήποτε απόκλιση από αυτή την τιμή μπορεί να μεταβάλει τη δραστηριότητα πολλών πρωτεϊνών, συμπεριλαμβανομένων ενζύμων, ιοντικών διαύλων ή μεμβρανικών μεταφορέων, προκαλώντας εμφανείς κλινικές εκδηλώσεις.
- Για παράδειγμα, σε περίπτωση αλκάλωσης, δηλαδή αύξησης του pH του αίματος, τα κύτταρα του νευρικού συστήματος γίνονται υπερδιεγέρσιμα, προκαλώντας παθήσεις που κυμαίνονται από απλές διαταραχές των αισθητηρίων συστημάτων έως επιληπτικές κρίσεις και τετανική συστολή των μυών
- **Η οξεοβασική ισορροπία** είναι η λειτουργία του οργανισμού που του επιτρέπει να ρυθμίζει με ακρίβεια την τιμή του pH και πραγματοποιείται με τη συνδυασμένη δράση του αναπνευστικού και του νεφρικού συστήματος.

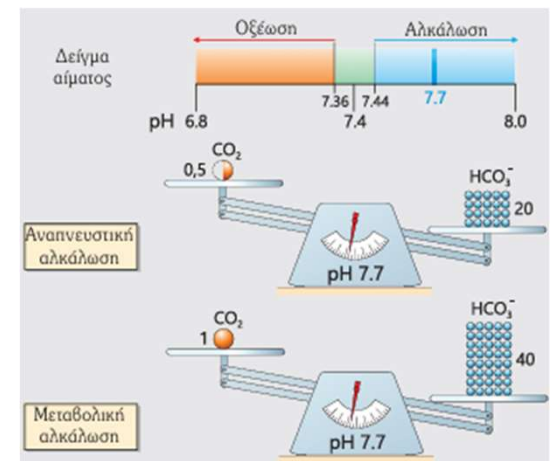
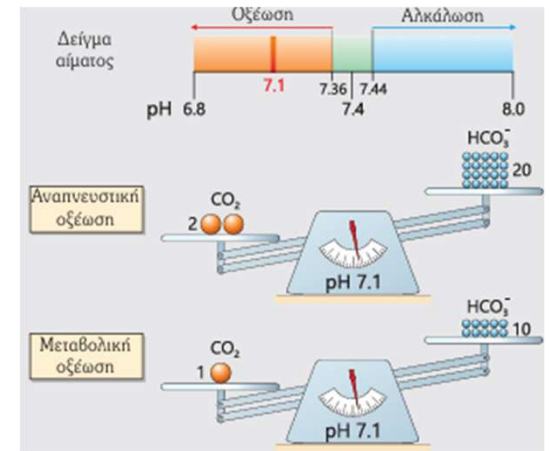
ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΗΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- Στην κλινική πρακτική, για να αξιολογηθεί εάν ένας ασθενής παρουσιάζει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας, λαμβάνεται συνήθως δείγμα αρτηριακού αίματος και ελέγχεται το pH του δείγματος.
- Γενικά, το pH του πλάσματος και του εξωκυττάριου υγρού προσδιορίζεται με τη χρήση της ακόλουθης εξίσωσης: $\text{pH} = \text{pK} + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$ και επομένως με τον λογαριθμικό λόγο μεταξύ της συγκέντρωσης των διττανθρακικών ιόντων και των ιόντων διοξειδίου του άνθρακα.
- Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η τιμή του λόγου αυτού είναι 20 προς 1 και, κατά συνέπεια, το pH είναι 7,4, αν και θεωρούνται φυσιολογικές τιμές μεταξύ 7,36 και 7,44. Εάν το pH είναι μικρότερο από 7,4, διαγιγνώσκεται οξέωση, ενώ η απόκλιση σε υψηλότερες τιμές υποδηλώνει κατάσταση αλκάλωσης. Τιμές pH χαμηλότερες από 6,8 ή μεγαλύτερες από 8,0 είναι ασύμβατες με τη ζωή.



ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ ΤΗΣ ΟΞΕΟΒΑΣΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

- Οι διαταραχές της οξεοβασικής ισορροπίας ταξινομούνται σε τέσσερις κατηγορίες:
 - **αναπνευστική οξέωση και αλκάλωση**, οι οποίες προκαλούνται από μεταβολή της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα, και
 - **μεταβολική οξέωση και αλκάλωση**, οι οποίες προκαλούνται από μεταβολή της συγκέντρωσης των διττανθρακικών
- Η αναπνευστική οξέωση εμφανίζεται σε διάφορες παθολογικές καταστάσεις, όπως η απόφραξη των αεραγωγών, το εμφύσημα, η βλάβη των νευρικών κέντρων που ρυθμίζουν την αναπνοή, και προκαλεί μια κατάσταση σύγχυσης, η οποία στη χειρότερη περίπτωση μπορεί να οδηγήσει σε κώμα.
- Η μεταβολική οξέωση εμφανίζεται μετά από μείωση της συγκέντρωσης των διττανθρακικών στο αίμα, η οποία οδηγεί σε μείωση του pH του πλάσματος.



Ούρηση

Η διαδικασία της ούρησης πραγματοποιείται σε δύο διακριτές χρονικές φάσεις που ονομάζονται:

1. φάση πλήρωσης
2. φάση κένωσης

ΦΑΣΗ ΠΛΗΡΩΣΗΣ

Κατά τη φάση αυτή, τα ούρα που παράγονται από τους νεφρούς διέρχονται από τους ουρητήρες όπου, μέσω περισταλτικών κινήσεων, μεταφέρονται και συσσωρεύονται στην ουροδόχο κύστη.

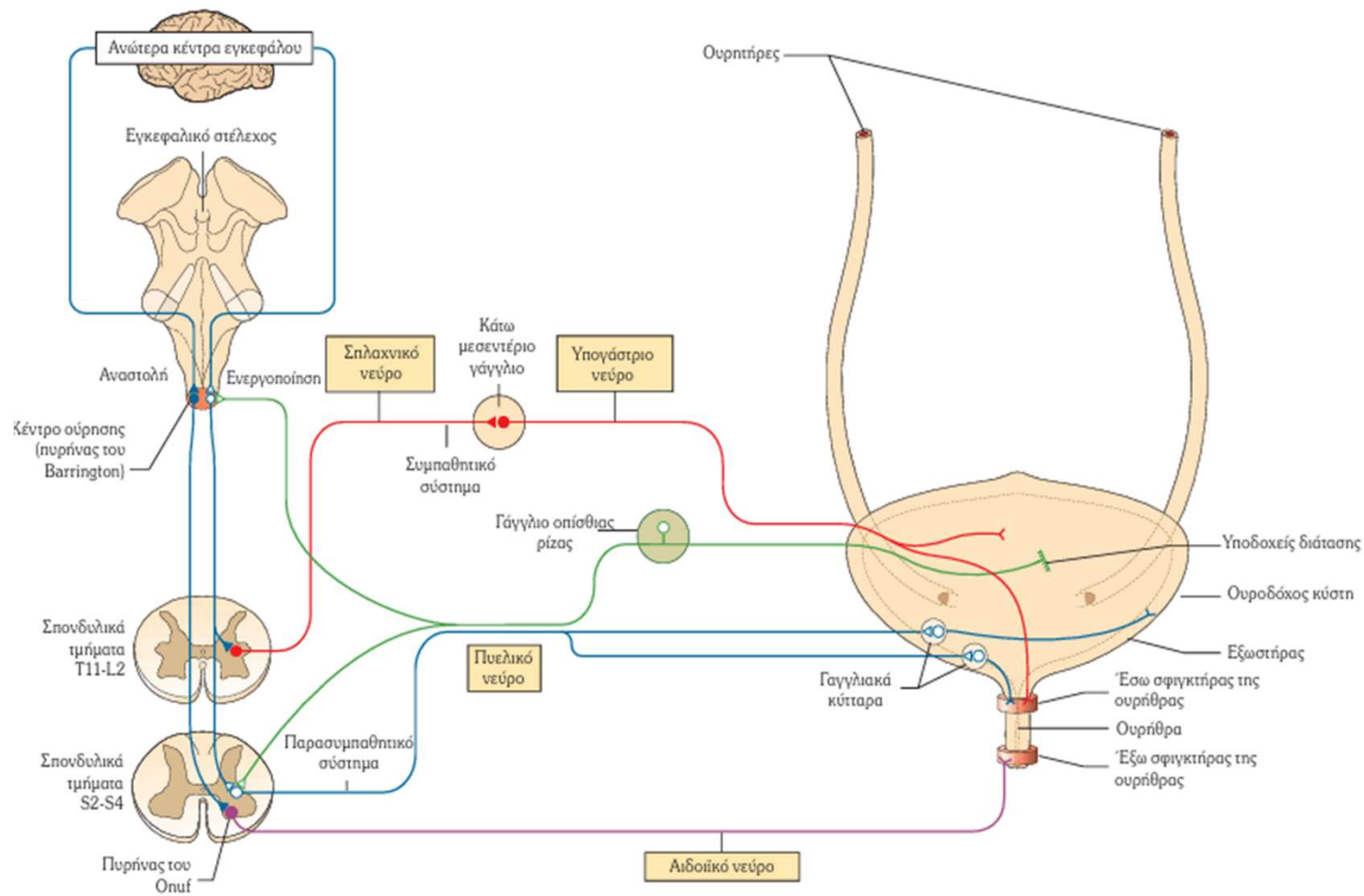
Η συσσώρευση ούρων μέχρι περίπου 250 mL προκαλεί μόνο μια μικρή αύξηση της ενδοκυστικής πίεσης, επειδή η αύξηση της επιφανειακής τάσης συνοδεύεται από μια ανάλογη αύξηση της ακτίνας της ουροδόχου κύστης.

Για όγκους ούρων μεγαλύτερους από 300 ml, η ακτίνα της κύστης αυξάνεται ελάχιστα, ενώ η επιφανειακή τάση της κύστης αυξάνεται σημαντικά.

Όταν η ποσότητα των ούρων στην κύστη είναι περίπου 500 ml, που είναι η μέγιστη χωρητικότητα της κύστης, παρατηρείται μια απότομη, ταχεία αύξηση της ενδοκυστικής πίεσης.

ΦΑΣΗ ΚΕΝΩΣΗΣ

- Η φάση της κένωσης ξεκινά από μια εκούσια εντολή από τα ανώτερα κέντρα του εγκεφάλου, η οποία προκαλεί την αναστολή των κινητικών νευρώνων του πυρήνα του Onuf με επακόλουθη χαλάρωση του έξω σφιγκτήρα της ουρήθρας.
- Η εντολή αυτή προκαλεί επίσης τη συστολή των κοιλιακών μυών και του διαφράγματος με επακόλουθη αύξηση της κοιλιακής πίεσης που προάγει την ούρηση.
- Στο τέλος της ούρησης, ο όγκος της ουροδόχου κύστης επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση και η ποσότητα των ούρων που περιέχει είναι αμελητέα ή μόλις λίγα χιλιοστόλιτρα. Σε γενικές γραμμές, ο κύκλος της ούρησης επαναλαμβάνεται πέντε έως έξι φορές την ημέρα.
- Ο έλεγχος του σφιγκτήρα είναι μια εξελικτική διαδικασία και στα παιδιά εμφανίζεται σε ηλικία 1,5 έως 3 ετών.



Σχηματική αναπαράσταση των νευρικών κυκλωμάτων που εμπλέκονται στην ούρηση.