

Λειτουργική οργάνωση του ανθρώπινου σώματος και ρύθμιση του «εσωτερικού περιβάλλοντος»

Φυσιολογία είναι η επιστήμη που αναζητά την κατανόηση της λειτουργίας των ζωντανών οργανισμών και των μερών τους. Το ενδιαφέρον στη φυσιολογία του ανθρώπου επικεντρώνεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ανθρώπινου σώματος που επιτρέπουν την αντίληψη του περιβάλλοντός μας, την κίνηση, τη σκέψη, την επικοινωνία, την αναπαραγωγή και την εκπλήρωση των λειτουργιών που ικανοποιούν την επιβίωση και την ευημερία των έμβιων όντων.

Η φυσιολογία του ανθρώπου είναι ένα ευρύ πεδίο που επιχειρεί να επεξηγήσει τα ειδικά χαρακτηριστικά και τους μηχανισμούς που καθιστούν το ανθρώπινο σώμα ζωντανό οργανισμό. Ο τομέας περιλαμβάνει τη λειτουργία των μορίων και των υποκυτταρικών συστατικών, τη λειτουργία των ιστών και των οργάνων, τη λειτουργία των συστημάτων των οργάνων, όπως είναι το καρδιαγγειακό σύστημα, καθώς και την αλληλεπίδραση και την επικοινωνία που αναπτύσσεται μεταξύ αυτών των δομών. Διακριτό χαρακτηριστικό της φυσιολογίας είναι η αναζήτηση της λειτουργικής απαρτίωσης όλων των διαφορετικών τμημάτων του σώματος, ώστε να γίνει κατανοητή η ενιαία λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Η ζωή του ανθρώπου βασίζεται σε αυτήν την ενιαία λειτουργία, η οποία είναι αξιοσημείωτα πολυπλοκότερη από την άθροιση των λειτουργιών καθενός κυττάρου, ιστού και οργάνου.

Τα κύτταρα είναι οι ζωντανές μονάδες του σώματος. Κάθε όργανο είναι άθροισμα πολλών κυττάρων που συγκρατούνται μεταξύ τους με μεσοκυτταριες δομές. Το σώμα περιέχει συνολικά περίπου 100 τρισεκατομμύρια κύτταρα, καθένα από τα οποία είναι προσαρμοσμένο στην εκτέλεση ειδικών λειτουργιών. Οι ατομικές κυτταρικές λειτουργίες συντονίζονται από πολλαπλά ρυθμιστικά συστήματα που επιδρούν στα κύτταρα, στους ιστούς, στα όργανα και στα οργανικά συστήματα.

Παρ' όλο που τα περισσότερα κύτταρα του σώματος παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους ως προς τις λειτουργίες τους, όλα διατηρούν βασικά, κοινά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, (1) το οξυγόνο ενώνεται με τα προϊόντα του καταβολισμού των λιπών και των υδατανθράκων ή με πρωτεΐνες για την απελευθέρωση της απαραίτητης ενέργειας για τη φυσιολογική λειτουργία των κυττάρων. (2) τα περισσότερα κύτταρα έχουν την ικανότητα της αναπαραγωγής, ούτως ώστε, όταν κάποια κύτταρα καταστρέφονται, τα υπόλοιπα υγιή κύτταρα να μπορούν να αναπαράγουν καινούργια κύτταρα μέχρι την αποκατάσταση του κανονικού αριθμού τους. (3) τα κύτταρα βρίσκονται μέσα στο εξωκυττάριο υγρό, τα συστατικά του οποίου βρίσκονται υπό αυστηρό έλεγχο.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΟΜΟΙΟΣΤΑΣΗΣ – ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΟΝ ΣΤΑΘΕΡΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (σελ. 3)

Ουσιαστικά όλα τα όργανα και οι ιστοί του σώματος εκτελούν λειτουργίες που βοηθούν στο να διατηρούνται σταθερές οι συνθήκες του εξωκυττάριου υγρού· αυτή η κατάσταση ονομάζεται ομοιόσταση. Πολλά από τα θέματα της Φυσιολογίας επικεντρώνονται στους μηχανισμούς με τους οποίους τα κύτταρα, οι ιστοί και τα όργανα συμβάλλουν στην ομοιόσταση.

Σύστημα διακίνησης και ανάμειξης του εξωκυττάριου υγρού – το κυκλοφορικό σύστημα του αίματος

Το εξωκυττάριο υγρό διακινείται σε όλα τα μέρη του σώματος σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο είναι η κίνηση του αίματος με το κυκλοφορικό σύστημα και το δεύτερο στάδιο είναι η κίνηση του υγρού μεταξύ των τριχοειδών και των κυττάρων. Το κυκλοφορικό σύστημα διατηρεί τα υγρά του εσωτερικού περιβάλλοντος συνεχώς αναμεμειγμένα με την κυκλοφορία του αίματος μέσω του αγγειακού συστήματος.

Καθώς το αίμα διέρχεται μέσα από τα τριχοειδή, ένα μεγάλο μέρος του υγρού διαχέεται και προς τις δύο κατευθύνσεις στο μεσοκυττάριο υγρό που βρίσκεται μεταξύ των κυττάρων και επιτρέπει τη συνεχή ανταλλαγή ουσιών μεταξύ των κυττάρων και του μεσοκυττάριου υγρού και μεταξύ του μεσοκυττάριου υγρού και του αίματος.

Προέλευση των θρεπτικών ουσιών στο εξωκυττάριο υγρό

- Το αναπνευστικό σύστημα παρέχει οξυγόνο στον οργανισμό και απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα.
- Το γαστρεντερικό σύστημα εκτελεί την πέψη των τροφών και διευκολύνει την απορρόφηση προς το εξωκυττάριο υγρό διάφορων θρεπτικών συστατικών, όπως είναι οι υδατάνθρακες, τα λιπαρά οξέα και τα αμινοξέα.
- Το ήπαρ μεταβάλλει τη χημική σύνθεση πολλών συστατικών που έχουν απορροφηθεί, με σκοπό τη μετατροπή τους σε περισσότερο εύχρηστες μορφές. Βέβαια και άλλοι ιστοί του σώματος (όπως π.χ. τα κύτταρα του λιπώδους ιστού, οι νεφροί, οι ενδοκρινείς αδένες κ.ά.) συμμετέχουν στην τροποποίηση των απορροφημένων συστατικών ή στην αποθήκευσή τους για να χρησιμοποιηθούν σε ώρα ανάγκης.
- Το μυοσκελετικό σύστημα αποτελείται από σκελετικούς μυς, οστά, τένοντες, αρθρώσεις και συνδέσμους. Χωρίς το μυοσκελετικό σύστημα δεν θα ήταν δυνατή η μετακίνηση του σώματος για την εύρεση τροφής. Επίσης, αυτό το σύστημα προστατεύει τα εσωτερικά όργανα και στηρίζει το σώμα.

Αποβολή των τελικών προϊόντων του μεταβολισμού

- Το αναπνευστικό σύστημα όχι μόνο παρέχει οξυγόνο στο εξωκυττάριο υγρό, αλλά και απομακρύνει από αυτό το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα κύτταρα και ελευθερώνεται από το αίμα προς τις κυψελίδες και από εκεί στο εσωτερικό περιβάλλον.
- Οι νεφροί απεκκρίνουν το μεγαλύτερο μέρος των βιολογικών παραπροϊόντων εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα. Οι νεφροί παίζουν σημαντικό

ρόλο στη ρύθμιση της σύνθεσης του εξωκυττάριου υγρού ελέγχοντας την απέκκριση των αλάτων και του ύδατος και την αποβολή των προϊόντων που παράγονται από τις χημικές διεργασίες των κυττάρων. Με τη λειτουργία τους αυτή, τον ελέγχου δηλαδή των όγκων των υγρών του σώματος, οι νεφροί ρυθμίζουν επίσης τον όγκο και την πίεση του αίματος.

- Το ήπαρ απομακρύνει ορισμένα παραπροϊόντα που παράγονται στον οργανισμό, όπως επίσης και ορισμένες τοξικές ουσίες που προσλαμβάνονται.

Ρύθμιση των λειτουργιών του σώματος

- Το νευρικό σύστημα διευθύνει τη δραστηριότητα του μυϊκού συστήματος, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο τη δυνατότητα της μετακίνησης. Επίσης, ελέγχει τη λειτουργία πολλών εσωτερικών οργάνων μέσω του αυτόνομου νευρικού συστήματος, επιτρέπει στον άνθρωπο να αντιλαμβάνεται το εξωτερικό και εσωτερικό του περιβάλλον και τον προικίζει με τη νόηση ώστε να μπορεί να εξασφαλίσει τις κατάλληλες συνθήκες για την επιβίωσή του.
- Τα ορμονικά συστήματα ελέγχουν πολλές από τις μεταβολικές λειτουργίες των κυττάρων, όπως είναι η ανάπτυξη, ο μεταβολικός ρυθμός και οι ειδικές διεργασίες της αναπαραγωγής. Οι ορμόνες εκκρίνονται στο αίμα και μεταφέρονται σε όλους τους ιστούς του σώματος, ούτως ώστε να διευκολύνουν τις κυτταρικές λειτουργίες.

Προστασία του σώματος

- Το ανοσοολογικό σύστημα παρέχει στο σώμα τους αμυντικούς μηχανισμούς που το προστατεύουν από τους ξένους εισβολείς, όπως είναι τα βακτηρίδια και οι ιοί, στα οποία ο οργανισμός είναι καθημερινά εκτεθειμένος.
- Το καλυπτήριο σύστημα (integumentary system), που αποτελείται κυρίως από το δέρμα, προφυλάσσει το σώμα από τους τραυματισμούς και τους ξένους εισβολείς, ενώ προστατεύει και τους υποκείμενους ιστούς από την αφυδάτωση. Το δέρμα συμβάλλει επίσης στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος.

Αναπαραγωγή

Το σύστημα της αναπαραγωγής καθιστά δυνατή τη διαιώνιση του είδους. Αυτή η λειτουργία μπορεί να θεωρηθεί ομοιοστατική λειτουργία, διότι αναδημιουργεί νέους οργανισμούς στους οποίους ζουν αρμονικά τα τρισκεταομμύρια των διαφορετικών κυττάρων.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ (σελ. 6)

Το ανθρώπινο σώμα έχει χιλιάδες συστήματα ελέγχου, τα οποία είναι μεγάλης σημασίας για την ομοιόσταση. Για παράδειγμα, τα γενετικά συστήματα επιδρούν στα κύτταρα ώστε να ελέγχουν τις εξωκυττάριες και τις ενδοκυττάριες λειτουργίες τους. Άλλα συστήματα ελέγχου επιδρούν στα όργανα ή σε ολόκληρο το σώμα ώστε να ελέγχουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διάφορων οργάνων.

Η ρύθμιση της συγκέντρωσης του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στο εξωκυττάριο υγρό είναι ένα καλό παράδειγμα της συνεργασίας πολλών διαφορετικών συστημάτων ελέγχου. Σε αυτήν την περίπτωση το αναπνευστικό σύστημα συνεργάζεται με το νευρικό σύστημα. Όταν η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα αυξηθεί άνω του φυσιολογικού, το αναπνευστικό κέντρο διεγέρεται προκαλώντας βαθιά και ταχεία αναπνοή. Αυτή η αναπνοή αυξάνει την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα με την εκπνοή και τελικά και την απομάκρυνσή του από το αίμα και το εξωκυττάριο υγρό, με αποτέλεσμα την επαναφορά της συγκέντρωσής του στα φυσιολογικά επίπεδα.

Τα φυσιολογικά επίπεδα σημαντικών συστατικών του εξωκυττάριου υγρού

Στον Πίνακα 1-1 αναγράφονται μερικά από τα σημαντικότερα συστατικά του εξωκυττάριου υγρού, καθώς και οι φυσιολογικές τους τιμές, τα φυσιολογικά τους επίπεδα και οι μέγιστες τιμές τους οι οποίες είναι αποδεκτές από τον οργανισμό για μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να επισυμβεί θάνατος. Σημειώστε τα στενά όρια στα οποία κυμαίνονται οι τιμές τους· η οποιαδήποτε παρεκτροπή από αυτά τα στενά όρια είναι αίτιο ή αποτέλεσμα νόσου.

Χαρακτηριστικά των συστημάτων ελέγχου του σώματος

Τα περισσότερα συστήματα ελέγχου του σώματος χαρακτηρίζονται από αρνητική ανατροφοδοτική λειτουργία. Για τη ρύθμιση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα, όπως συζητήθηκε ήδη, μια υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στο εξωκυττάριο υγρό προκαλεί αύξηση του αερισμού των πνευμόνων και κατά συνέπεια μείωση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και επαναφορά της στα φυσιολογικά επίπεδα. Αυτός ο μηχανισμός αποτελεί ένα παράδειγμα αρνητικής ανατροφοδότησης· κάθε ερέθισμα που προκαλεί μεταβολή στη συγκέντρωση του διοξειδίου

Πίνακας 1-1 Ορισμένα σημαντικά συστατικά και φυσικά χαρακτηριστικά του εξωκυττάριου υγρού, φυσιολογικά όρια ελέγχου και μέγιστα μη θανατηφόρα όρια για βραχείες περιόδους.

Παράμετρος	Μονάδα	Φυσιολογική τιμή	Φυσιολογικά όρια	Μέγιστα μη θανατηφόρα όρια
Οξυγόνο	mm Hg	40	35–45	10–1.000
Διοξείδιο του άνθρακα	mm Hg	45	40–50	5–80
Ιόντα νατρίου	mmol/L	142	138–146	115–175
Ιόντα καλίου	mmol/L	4,2	3,8–5,0	1,5–9,0
Ιόντα ασβεστίου	mmol/L	1,2	1,0–1,4	0,5–2,0
Ιόντα χλωρίου	mmol/l	106	103–112	70–130
Διπτανθρακικά ιόντα	mmol/L	24	22–29	8–45
Γλυκόζη	mmol/L	90	75–95	20–1.500
Θερμοκρασία σώματος	°C	37,0	37,0	18,3–43,3
Οξειδιαστική ισορροπία	pH	7,4	7,3–7,5	6,9–8,0

του άνθρακα αντιρροπείται από μια αντίδραση η οποία είναι αρνητική ως προς το αρχικό ερέθισμα.

Ο βαθμός της αποτελεσματικότητας με την οποία ένα σύστημα ελέγχου διατηρεί σταθερές συνθήκες στο σώμα ορίζεται από το όφελος της αρνητικής ανατροφοδότησης. Αυτό το όφελος υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Όφελος} = \text{Διόρθωση}/\text{Σφάλμα}$$

Μερικά συστήματα ελέγχου, όπως το σύστημα που ρυθμίζει τη θερμοκρασία του σώματος, έχουν όφελος αρνητικής ανατροφοδότησης της τάξης του -33, κάτι το οποίο σημαίνει απλά πως το μέγεθος της διόρθωσης είναι 33 φορές μεγαλύτερο από το σφάλμα.

Τα προτροφοδοτικά συστήματα ελέγχου προλαμβάνουν τις αλλαγές. Τα διάφορα συστήματα ελέγχου βρίσκονται σε συνεχή και άμεση συνεργασία μεταξύ τους, με αποτέλεσμα ο ολικός έλεγχος του οργανισμού να είναι περισσότερο πολύπλοκος από καθεμία αρνητική ανατροφοδότηση ξεχωριστά. Για παράδειγμα, μερικές κινήσεις του σώματος γίνονται σχεδόν αστραπαία, σε τόσο μικρό χρόνο που ένα νευρικό ερέθισμα δεν θα μπορούσε να μεταφερθεί από κάποιο περιφερικό σημείο του σώματος προς τον εγκέφαλο και από τον τελευταίο πάλι πίσω στην περιφέρεια, ούτως ώστε να πραγματοποιηθεί η κίνηση. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο ο εγκέφαλος χρησιμοποιεί προτροφοδοτικό έλεγχο, ώστε να προκαλεί την απαιτούμενη μυϊκή σύσταση. Τα αισθητικά νευρικά ερεθίσματα από τις κινητικές μονάδες του σώματος ενημερώνουν τον εγκέφαλο για τη σωστή ή για τη λάθος εκτέλεση της κίνησης που έχει πραγματοποιηθεί. Στην περίπτωση όπου η κίνηση έχει γίνει λανθασμένα ο εγκέφαλος διορθώνει τα συστήματα τροφοδότησης με σκοπό την επόμενη φορά που θα πραγματοποιηθεί η ίδια κίνηση, αυτή να γίνει σωστά· ο εγκέφαλος δηλαδή προτροφοδοτεί τα συστήματα ελέγχου της συγκεκριμένης κίνησης. Αυτή η διεργασία ονομάζεται και έλεγχος προσαρμογής και ουσιαστικά αποτελεί μια χρονικά καθυστερημένη αρνητική ανατροφοδότηση.

Η θετική ανατροφοδότηση ορισμένες φορές μπορεί να προκαλέσει φαύλους κύκλους και θάνατο, ενώ άλλες φορές μπορεί να είναι χρήσιμη. Ένα σύστημα που επιδεικνύει θετική ανατροφοδότηση σε μια διαταραχή με μεταβολές που ενισχύουν τη διαταραχή οδηγεί μάλλον σε αστάθεια παρά σε σταθερότητα. Για παράδειγμα, η σοβαρού βαθμού αιμορραγία μπορεί να προκαλέσει ελάττωση της αρτηριακής πίεσης σε τέτοιον βαθμό ώστε η ροή του αίματος στην καρδιά να μην επαρκεί για τη διατήρηση της φυσιολογικής καρδιακής άντλησης· ως αποτέλεσμα, η αρτηριακή πίεση ελαττώνεται ακόμη περισσότερο, προκαλώντας περαιτέρω μείωση της αιμάτωσης της καρδιάς και ακόμη μεγαλύτερη αδυναμία της. Κάθε κύκλος αυτού του τύπου ανατροφοδότησης οδηγεί στην ίδια κατάσταση, η οποία αποτελεί θετική ανατροφοδότηση ή φαύλο κύκλο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις ο οργανισμός χρησιμοποιεί τη θετική ανατροφοδότηση προς όφελός του. Παράδειγμα αποτελεί η παραγωγή νευρικών ερεθισμάτων. Όταν η μεμβράνη της νευρικής ίνας διεγείρεται, η μικρή διαφυγή ιόντων νατρίου μέσα στο κύτταρο προκαλεί τη διάνοιξη ακόμη περισσότερων διαύλων, την είσοδο περισσότερου νατρίου, περισσότερες μεταβολές στο δυναμικό μεμβράνης κ.ο.κ. Συνεπώς, η ελάχιστη διαφυγή νατρίου μέσα στο κύτταρο μετατρέπεται σε έκρηξη νατρίου που εισέρχεται στο εσωτερικό της νευρικής ίνας, προκαλώντας το δυναμικό δράσης του νεύρου.