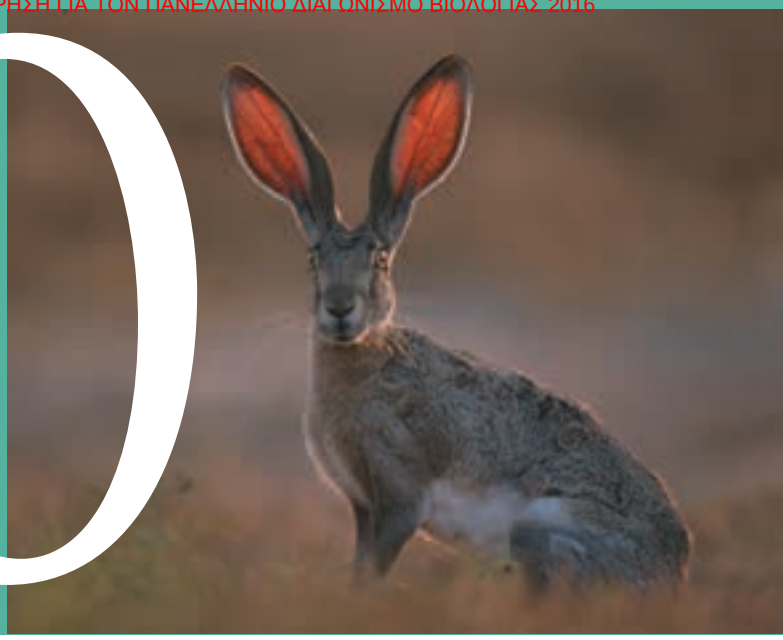
© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

40 Βασικές αρχές της ζωικής μορφής και λειτουργίας



▲ **Εικόνα 40.1 Πώς προστατεύεται από την υπερθέρμανση ο λαγός της ερήμου;**

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

40.1 Μορφή και λειτουργία είναι αλληλένδετες σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των ζωικών οργανισμών

40.2 Σε πολλά ζώα, το εσωτερικό περιβάλλον διατηρείται σταθερό μέσω αναδραστικών διεργασιών

40.3 Η μορφή, η λειτουργία και η συμπεριφορά επηρεάζουν τους ομοιοστατικούς μηχανισμούς θερμορρύθμισης

40.4 Οι ενεργειακές απαιτήσεις συνδέονται με το μέγεθος, τη δραστηριότητα και το περιβάλλον του ζώου

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Διαφορετικές μορφές, ίδιες προκλήσεις

Τα ωτιαία πτερύγια του λαγού της ερήμου (*Lepus alleni*· **Εικόνα 40.1**) είναι λεπτά και διαθέτουν εντυπωσιακά μεγάλο μέγεθος. Παρέχουν την οξύτατη αίσθηση ακοής που χαρακτηρίζει τον λαγό και η οποία αποτελεί την πρώτη γραμμή άμυνας έναντι των θηρευτών του. Παράλληλα, τα αυτιά συμβάλλουν στην προστασία του λαγού από την υπερθέρμανση, καθώς η κυκλοφορία του αίματος στο αγγειακό δίκτυο των ωτιαίων πτερυγίων προκαλεί έκλυση θερμότητας στον περιβάλλοντα αέρα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όμως, η ροή του αίματος στο αυτί μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες για τον λαγό της ερήμου. Όταν ο αέρας είναι πολύ θερμός, η διέλευση αίματος από τα αγγεία των ωτιαίων πτερυγίων μπορεί να απορροφήσει (αντί να απελευθερώσει) θερμότητα, αυξάνοντας τη θερμοκρασία του σώματος σε επίπεδα επικίνδυνα για την επιβίωσή του. Πώς επιβιώνει λοιπόν ο λαγός της ερήμου στη μεσημεριανή ζέστη του περιβάλλοντος όπου ζει; Για να απαντήσουμε, θα πρέπει να εξετάσουμε προσεκτικότερα τη βιολογική μορφή, δηλαδή την **ανατομία** του συγκεκριμένου ζώου.

Στη διάρκεια της ζωής του, ο λαγός αντιμετωπίζει τα ίδια θεμελιώδη προβλήματα που αντιμετωπίζουν και τα υπόλοιπα ζώα, είτε ύδρες είτε γεράκια είτε άνθρωποι. Όλα τα ζώα πρέπει να αναπνέουν οξυγόνο, να προσλαμβάνουν θρεπτικές ουσίες, να καταπολεμούν τις λοιμώξεις και να παράγουν απογόνους. Αφού λοιπόν έχουν τις ίδιες βασικές απαιτήσεις, πού οφείλονται όλες αυτές οι εντυπωσιακές διαφορές των ζωικών ειδών ως προς τη δομή, την πολυπλοκότητα, την οργάνωση και την εμφάνιση; Η απάντηση βρίσκεται στο ότι η φυσική επιλογή ευνοεί, σε χρονικό διάστημα πολλών γενεών, την επικράτηση στον πληθυσμό ενός ζώου των παραλλαγών που εξυπηρετούν καλύτερα τις ανάγκες του. Οι προσαρμογές που τελικά επικρατούν για την αντιμετώπιση των απαιτήσεων της επιβίωσης διαφέρουν ανάλογα με το περιβάλλον αλλά και το είδος του ζώου. Σε κάθε περίπτωση, πάντως, είτε πρόκειται για τον λαγό είτε για κάποιο άλλο ζώο, καταλήγουν σε μια συνήθως στενή σχέση μεταξύ μορφής και λειτουργίας.

Επειδή η μορφή και η λειτουργία συσχετίζονται στενά, αν εξετάσουμε την ανατομία ενός οργανισμού, συχνά μπορούμε να μάθουμε πολλά πράγματα και για τη **φυσιολογία** του, δηλαδή για τη βιολογική λειτουργία του. Στην περίπτωση του λαγού, οι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα μεγάλα ωτιαία πτερύγια, που συνήθως έχουν ρόδινη απόχρωση, χάνουν το χρώμα τους («χλωμιάζουν») όταν η θερμοκρασία του αέρα υπερβεί τους 40°C, που είναι η φυσιολογική σωματική θερμοκρασία του λαγού. Η αλλαγή χρώματος οφείλεται σε προσωρινή στένωση των αιμοφόρων αγγείων, που επάγεται όταν αυξηθεί σημαντικά η θερ-

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

μοκρασία του περιβάλλοντος. Παρά τη μείωση της παροχής αίματος, τα αυτιά του λαγού εξακολουθούν να απορροφούν μια μικρή ποσότητα θερμότητας που όμως δεν αρκεί για να προκαλέσει υπερθέρμανση στο υπόλοιπο σώμα. Όταν η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται, η ροή του αίματος αποκαθίσταται και τα μεγάλα αυτιά μπορούν να απελευθερώσουν πάλι θερμότητα στο περιβάλλον.

Στο κεφάλαιο αυτό, θα αρχίσουμε να μελετούμε τη μορφή και τη λειτουργία των ζωικών οργανισμών, εξετάζοντας πρώτα τα επίπεδα οργάνωσης του σώματος ενός ζώου και τα συστήματα που συντονίζουν τις δραστηριότητες διαφορετικών μερών του σώματος. Κατόπιν, θα αναλύσουμε πώς ρυθμίζεται το εσωτερικό περιβάλλον ενός ζώου, χρησιμοποιώντας ως παράδειγμα τον μηχανισμό της θερμορρύθμισης για να κατανοήσουμε την έννοια της ομοιόστασης και γενικότερα των ομοιοστατικών μηχανισμών. Τέλος, θα διερευνήσουμε τον ρόλο της ανατομίας και της φυσιολογίας ενός ζώου στις αλληλεπιδράσεις του με το περιβάλλον και στο ενεργειακό του ισοζύγιο.

ΤΜΗΜΑ 40.1

Μορφή και λειτουργία είναι αλληλένδετες σε όλα τα επίπεδα οργάνωσης των ζωικών οργανισμών

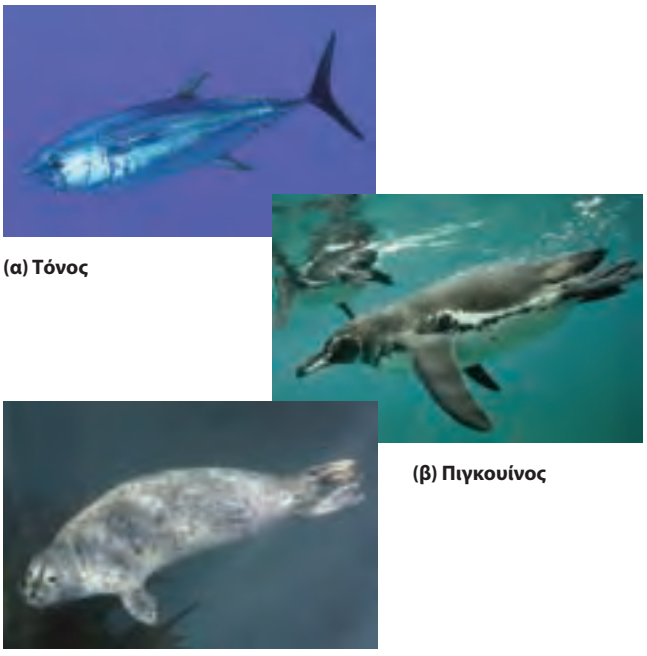
Το μέγεθος και το σχήμα του σώματος είναι δύο θεμελιώδη μορφολογικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν σημαντικά το πώς ένα ζώο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Αν και καμιά φορά αναφερόμαστε στο μέγεθος και στο σχήμα ενός ζωικού οργανισμού ως στοιχεία ενός *αρχιτεκτονικού σχεδίου του σώματος*, η λέξη «σχέδιο» δεν έχει την έννοια ενός «έλλογου» σχεδιασμού. Ο *μορφότυπος* (ή *φόρμα*) των ειδών είναι αποτέλεσμα του αναπτυξιακού προτύπου που προγραμματίζεται από το γονιδίωμα, το οποίο με τη σειρά του διαμορφώθηκε από εκατομμύρια χρόνια εξέλιξης.

Φυσικοί περιορισμοί στο μέγεθος και στο σχήμα του ζώου

Οι ζωικοί μορφότυποι που έχουν εμφανιστεί κατά τη διάρκεια της εξέλιξης είναι πολλοί και ποικίλοι, ωστόσο οι παραλλαγές τους κυμαίνονται μεταξύ κάποιων ορίων. Αυτό συμβαίνει διότι η μορφή που μπορεί να λάβει το σώμα ενός ζώου περιορίζεται από τους φυσικούς νόμους που διέπουν τη δύναμη, τη διάχυση, την κίνηση και την ανταλλαγή θερμότητας.

Για να κατανοήσουμε πώς περιορίζεται η εξέλιξη από τους φυσικούς νόμους, ας εξετάσουμε τα όρια που θέτουν ορισμένες ιδιότητες του νερού στον μορφότυπο ζώων που είναι δεινοί κολυμβητές. Το νερό είναι περίπου χίλιες φορές πυκνότερο από τον αέρα και έχει, συγκριτικά, πολύ μεγαλύτερο ιξώδες. Έτσι, κάθε εξόγκωμα στην επιφάνεια του ζωικού σώματος προβάλλει αντίσταση στην κίνηση, η οποία είναι ισχυρότερη για το υδρόβιο ζώο απ' ό,τι για το πτηνό ή το χερσαίο. Ο τόνος, και πολλοί άλλοι ακτινοπτερύγιοι ιχθύες, αναπτύσσουν ταχύτητες που μπορεί να φθάσουν και τα 80 km ανά ώρα. Γρήγοροι κολυμβητές είναι επίσης ο καρχαρίας, ο πιγκουίνος, το δελφίνι και η φώκια. Όπως παρατηρούμε στην **Εικόνα 40.2**, το σώμα όλων αυτών των ζώων είναι υδροδυναμικό: έχει ατρακτοειδή μορφή, δηλαδή στενεύει στα δυο του άκρα. Το ότι το σώμα όσων ζώων αναπτύσσουν μεγάλες ταχύτητες –ανεξαρτήτως του αν πρόκειται για ψάρια, πτηνά ή θηλαστικά– έχει παραπλήσια μορφή αποτελεί παράδειγμα συγκλίνουσας εξέλιξης (βλ. Κεφάλαιο 22). Οι προσαρμογές τις οποίες προάγει η φυσική επιλογή σε διαφορετικούς οργανισμούς είναι συνήθως παραπλήσιες, όταν αυτοί αντιμετωπίζουν κοινά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως είναι π.χ. η αντίσταση του νερού στην επίτευξη μεγάλων ταχυτήτων.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του ζωικού μορφοτύπου που επηρεάζεται από τους φυσικούς νόμους είναι το μέγιστο σωματικό μέγεθος. Όσο αυξάνονται οι διαστάσεις του σώματος τόσο αυξάνεται και η ισχύς του σκελετού που απαιτείται για τη στήριξή του. Αυτός ο περιορισμός δεν αφορά μόνο τα ζώα με εσωτερικό σκελετό, όπως τα θηλαστικά, αλλά και τα ζώα με εξωσκελετό, όπως τα έντομα και τα αρθρόποδα. Παράλληλα, καθώς το μέγεθος του σώματος αυξάνεται, οι μύες που απαιτούνται για τη στήριξη και τη βάδιση αντιπροσωπεύουν ένα ολοένα και μεγαλύτερο κλάσμα της ολικής μυϊκής μάζας. Μάλιστα, από κάποιο σωματικό μέγεθος και πάνω, η κινητικότητα του ζώου περιορίζεται σημαντικά. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξει ένας ζωικός μορφότυπος είναι δυνατό να υπολογιστεί από



(α) Τόνος

(β) Πιγκουίνος

(γ) Φώκια

▲ **Εικόνα 40.2** **Συγκλίνουσα εξέλιξη στους δεινούς κολυμβητές.**

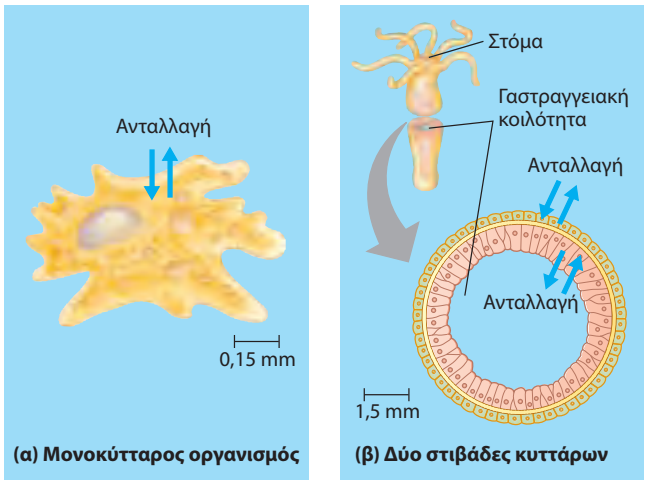
© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

το κλάσμα της σωματικής μάζας που καταλαμβάνουν οι μύες των ποδιών και την ενεργό δύναμη που αυτοί παράγουν. Από τέτοιους υπολογισμούς εικάζεται ότι ο δεινόσαυρος *Tyrannosaurus rex*, που το ύψος του υπερέβαινε τα 6 μέτρα, μπορούσε να τρέξει με μέγιστη ταχύτητα 30 km ανά ώρα, σχεδόν όσο ένας επαγγελματίας ποδοσφαιριστής (αλλά σε καμιά περίπτωση τόσο γρήγορα όσο οι δεινόσαυροι στην κινηματογραφική ταινία *Jurassic Park*...).

Ανταλλαγή με το περιβάλλον

Τα ζώα είναι υποχρεωμένα να ανταλλάσσουν ύλη με το περιβάλλον, ανάγκη που θέτει περιορισμούς στον μορφότυπό τους (αυτό ισχύει για όλους τους πολυκύτταρους οργανισμούς). Η ανταλλαγή επιτελείται με τη μεταφορά διαλυμένων ουσιών διά μέσου της κυτταροπλασματικής μεμβράνης των κυττάρων. Ο *ρυθμός* ανταλλαγής των θρεπτικών ουσιών, των άχρηστων προϊόντων και των αερίων είναι ανάλογος της μεμβρανικής επιφάνειας. Αντίθετα, η *ποσότητα* ύλης που πρέπει να ανταλλάσσεται με το περιβάλλον, προκειμένου ένα κύτταρο να παραμείνει ζωντανό, είναι ανάλογη του όγκου του.

Οι διαδικασίες της ανταλλαγής επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό και από τον αριθμό των κυττάρων. Ένας μονοκύτταρος οργανισμός, όπως π.χ. η αμοιβάδα στην **Εικόνα 40.3α**, έχει αρκετή μεμβρανική επιφάνεια σε επαφή με το περιβάλλον ώστε να επιτελούνται πλήρως οι απαραίτητες ανταλλαγές. Αντίθετα, ένας πολυκύτταρος οργανισμός αποτελείται από πολλά κύτταρα, που το καθένα πρέπει να επιτελέσει όλες τις απαραίτητες ανταλλαγές μέσω της δικής του κυτταροπλασματικής μεμβράνης. Κατά συνέπεια,



▲ **Εικόνα 40.3 Επαφή με το περιβάλλον. (α)** Στους μονοκύτταρους οργανισμούς, όπως είναι η αμοιβάδα, σε επαφή με το περιβάλλον έρχεται όλη η επιφάνεια του σώματος. **(β)** Αν και ζώα θεωρούνται μόνο πολυκύτταροι οργανισμοί, ορισμένοι έχουν απλή εσωτερική οργάνωση η οποία διασφαλίζει ότι όλα σχεδόν τα κύτταρα βρίσκονται σε άμεση επαφή με το περιβάλλον. Το σώμα της ύδρας, λόγου χάρη, αποτελείται από δύο στιβάδες κυττάρων. Με την είσοδο και έξοδο του νερού μέσω του στόματος, όλα τα σωματικά κύτταρα της ύδρας μπορούν να ανταλλάξουν ύλη απευθείας με το υδατικό περιβάλλον.

ένας πολυκύτταρος ζωικός οργανισμός λειτουργεί μόνο όταν κάθε του κύτταρο έχει πρόσβαση σε υδατικό περιβάλλον, είτε αυτό βρίσκεται στο εσωτερικό του σώματος είτε εξωτερικά.

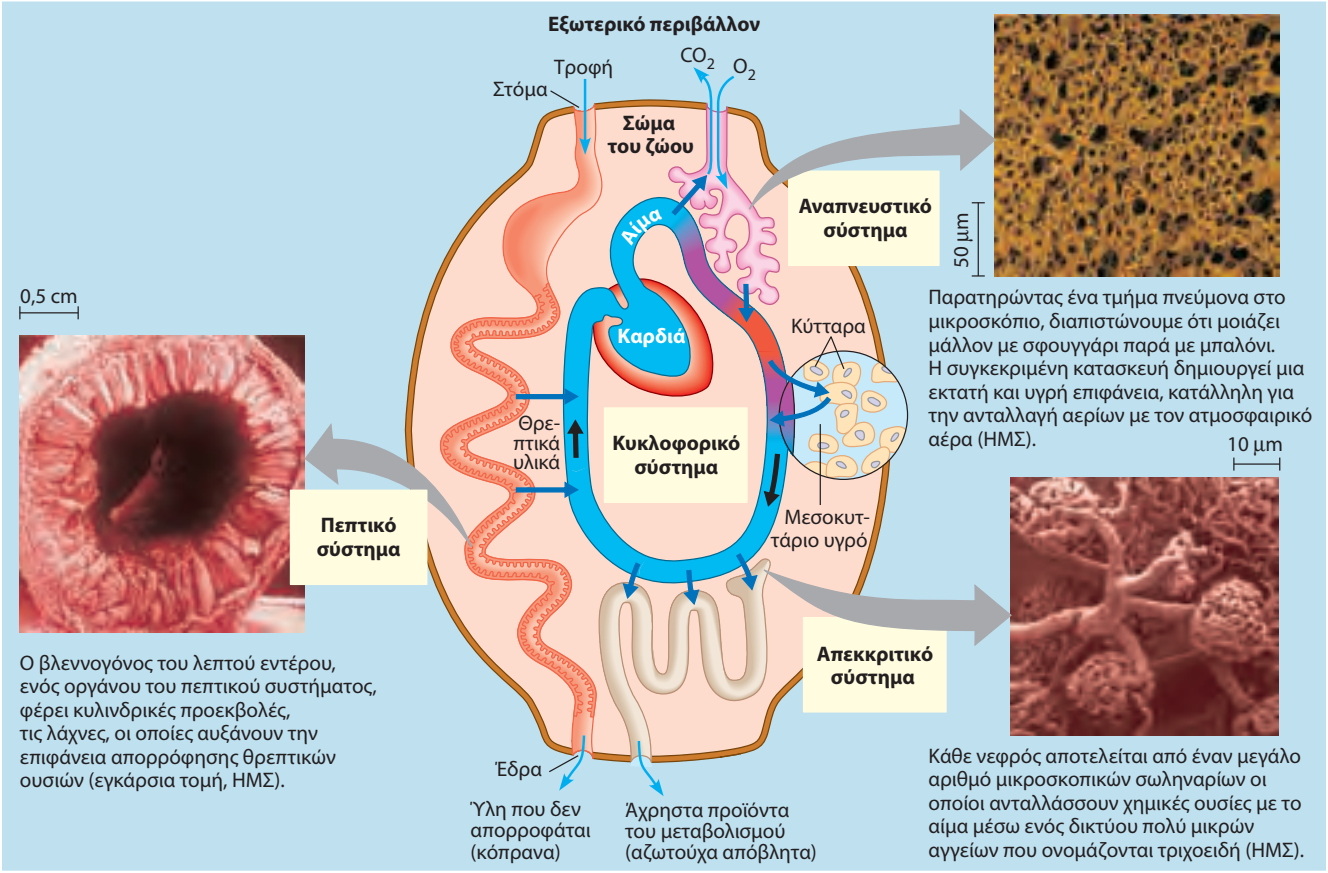
Σε πολλά ζώα με απλή εσωτερική οργάνωση, ο μορφότυπος επιτρέπει την άμεση ανταλλαγή ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και σε όλα σχεδόν τα κύτταρα. Λόγου χάρη, η λιμναία ύδρα έχει σώμα ασκοειδές και το σωματικό της τοίχωμα αποτελείται από δύο μόνο στιβάδες κυττάρων (**Εικόνα 40.3β**). Επειδή η γαστραγγειακή κοιλότητα της ύδρας είναι ανοικτή προς το εξωτερικό περιβάλλον, η εσωτερική και η εξωτερική στιβάδα των κυττάρων είναι συνεχώς βυθισμένες στο νερό της λίμνης. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που μεγιστοποιεί την έκθεση ενός οργανισμού στο περιβάλλον μέσο είναι το πεπλατυσμένο σχήμα. Ας θεωρήσουμε π.χ. τον πλατυέλμινθα, παράσιτο που μπορεί να φθάσει σε μήκος αρκετών μέτρων (βλ. Εικόνα 33.12). Χάρη στο λεπτό και επίπεδο σχήμα του σκώληκα, τα περισσότερα κύτταρα βρίσκονται σε άμεση επαφή με το εξειδικευμένο περιβάλλον όπου αυτός ζει, δηλαδή το πλούσιο σε θρεπτικά υλικά εντερικό υγρό του σπονδυλωτού στο οποίο παρασιτεί.

Η εσωτερική οργάνωση των περισσότερων ζώων είναι πιο σύνθετη από εκείνη της ύδρας ή του πλατυέλμινθα. Το σώμα τους αποτελείται από συμπαγείς μάζες κυττάρων, ενώ η εξωτερική επιφάνεια, συγκρινόμενη με τον σωματικό όγκο, είναι σχετικά μικρή. Όσο αυξάνεται ο αριθμός των κυττάρων ενός ζώου τόσο μειώνεται η αναλογία της εξωτερικής επιφάνειας προς τον ολικό όγκο του (βλ. Εικόνα 6.8). Ακραίο παράδειγμα αποτελεί η φάλαινα, στην οποία η αναλογία της εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του σώματος είναι εκατοντάδες χιλιάδες φορές μικρότερη απ' ό,τι στον ψύλλο του γλυκού νερού (*Daphnia*). Ωστόσο, όλα ανεξαιρέτως τα κύτταρα της φάλαινας πρέπει να περιβάλλονται από υγρό και να έχουν πρόσβαση σε οξυγόνο, θρεπτικά υλικά και άλλες πρώτες ύλες. Πώς επιτυγχάνεται κάτι τέτοιο;

Η προσαρμογή που εμφανίστηκε με την εξέλιξη και η οποία επιτρέπει στα κύτταρα της φάλαινας, αλλά και των περισσότερων ζώων, να έχουν επαρκείς ανταλλαγές με το περιβάλλον τους είναι η παρουσία εξειδικευμένων επιφανειών με μεγάλο αριθμό διακλαδώσεων και αναδιπλώσεων (**Εικόνα 40.4**). Αυτές οι επιφάνειες βρίσκονται συνήθως στο εσωτερικό του σώματος, γεγονός που τις προστατεύει από τραυματισμούς ή από αφυδάτωση, ενώ παράλληλα επιτρέπουν στο σώμα να διατηρεί το υδροδυναμικό (ή αεροδυναμικό) του περίγραμμα. Στο εσωτερικό του ανθρώπινου σώματος, τέτοιες εσωτερικές επιφάνειες ανταλλαγής βρίσκουμε στο πεπτικό, το αναπνευστικό και το κυκλοφορικό σύστημα, με αποτέλεσμα η ολική επιφάνεια ανταλλαγής σε κάθε ένα από αυτά τα συστήματα να είναι τουλάχιστον 25 φορές μεγαλύτερη από την επιφάνεια του δέρματος.

Οι επιφάνειες ανταλλαγής συνδέονται λειτουργικά με τα κύτταρα του σώματος μέσω των σωματικών υγρών. Σε όλα τα ζώα, ο χώρος μεταξύ των κυττάρων είναι γεμάτος

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016



▲ **Εικόνα 40.4 Επιφάνειες ανταλλαγής ουσιών στο εσωτερικό του σώματος των σύνθετων ζωικών οργανισμών.** Το διάγραμμα παρουσιάζει συνοπτικά τις ανταλλαγές χημικών ουσιών ανάμεσα στο σώμα ενός ζώου και στο περιβάλλον. Τα περισσότερα ζώα διαθέτουν επιφάνειες εξειδικευμένες στην ανταλλαγή χημικών ουσιών με τον περιβάλλοντα χώρο. Αυτές οι επιφάνειες συνήθως βρίσκονται στο εσωτερικό του σώματος και συνδέονται με το εξωτερικό περιβάλλον μέσω ειδικών ανοιγμάτων (π.χ. στόμα), ενώ διαθέτουν πολλές διακλαδώσεις ή αναδιπλώσεις, που αυξάνουν σημαντικά το συνολικό εμβαδόν τους. Τέτοιες επιφάνειες ανταλλαγής απαντούν στο πεπτικό, στο αναπνευστικό και στο απεκκριτικό σύστημα. Όσες ουσίες διαπεράσουν αυτές τις επιφάνειες μεταφέρονται μέσω του κυκλοφορικού συστήματος σε όλο το σώμα.

Υπό ποια έννοια μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ορισμένες επιφάνειες ανταλλαγής, όπως το επιθήλιο που επενδύει το πεπτικό σύστημα, δεν είναι αποκλειστικά εσωτερικές αλλά και εξωτερικές;

με ένα υγρό που ονομάζεται **μεσοκυττάριο υγρό**. Ζώα με πιο σύνθετη οργάνωση διαθέτουν και κάποιο ακόμα πιο εξειδικευμένο υγρό κυκλοφορίας, όπως το αίμα. Η διαρκής ανταλλαγή ουσιών ανάμεσα στο μεσοκυττάριο υγρό και στο υγρό κυκλοφορίας εξασφαλίζει σε όλα τα κύτταρα του σώματος την πρόσληψη θρεπτικών υλικών και την αποβολή άχρηστων προϊόντων (βλ. Εικόνα 40.4).

Οι σύνθετοι μορφότυποι, παρά τους μεγάλους περιορισμούς που θέτει η ανάγκη για ανταλλαγή υλικών με το περιβάλλον, έχουν σαφή πλεονεκτήματα συγκριτικά με τους απλούς μορφοτύπους. Ο εξωσκελετός π.χ. μπορεί να προστατεύσει ένα ζώο από τους θηρευτές, ενώ τα αισθητήρια όργανά του επιτρέπουν τη συλλογή λεπτομερών πληροφοριών για τον περιβάλλοντα χώρο. Τα εσωτερικά όργανα του πεπτικού συστήματος επιτρέπουν τη σταδιακή πέψη των σωματιδίων της τροφής και, επομένως, την ελεγχόμενη απελευθέρωση της ενέργειας των τροφών. Επιπλέον, ειδικά συστήματα διήθησης λειτουργούν ως φίλτρα, ρυθμίζοντας κατάλληλα τη σύσταση του εσωτερικού σωματικού υγρού που περιβάλλει τα ζωικά κύτταρα. Έτσι, το ζώο μπορεί να διατηρεί σχετικά σταθερό το εσωτερικό του περιβάλλον, ανεξάρτητα από τις μεταβολές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Ένας σύνθετος μορφότυπος συνιστά ιδιαίτερο πλεονέκτημα στην περίπτωση των χερσαίων ζώων, διότι οι μεταβολές του περιβάλλοντος στην ξηρά μπορεί να είναι πολύ έντονες.

Ιεραρχική οργάνωση των μορφοτύπων

Η συγκρότηση του ζωικού σώματος οφείλεται στις ιδιότητες που εκδηλώνουν τα κύτταρά του. Εδώ θα χρειαστεί να θυμηθούμε από το Κεφάλαιο 1 ότι στους σύνθετους οργανισμούς οι ιδιότητες αυτές προκύπτουν από τον διαδοχικό σχηματισμό νέων επιπέδων δομής και λειτουργίας. Τα κύτταρα οργανώνονται σε **ιστούς**, δηλαδή σε ομάδες κυττάρων με παρόμοια εμφάνιση και λειτουργία. Με την εξαίρεση ορισμένων απλών οργανισμών (όπως οι σπόγγοι), οι ιστοί όλων των οργανισμών οργανώνονται περαιτέρω σε λειτουργικές μονάδες που ονομάζονται **όργανα**. Ομάδες οργάνων που συνεργάζονται μεταξύ τους συνιστούν ακόμη πιο σύνθετα επίπεδα οργάνωσης και συντονισμού, τα οποία

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

ονομάζονται **συστήματα οργάνων** (**Πίνακας 40.1**). Το δέρμα π.χ. είναι ιδιαίτερο όργανο αλλά αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου μηχανισμού, του καλυπτήριου συστήματος, που προστατεύει το σώμα από τις μολύνσεις και συμμετέχει στη ρύθμιση της σωματικής θερμοκρασίας.

Συχνά τα όργανα περιέχουν ιστούς που επιτελούν διαφορετικές φυσιολογικές λειτουργίες. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μάλιστα, οι λειτουργίες αυτών των διακριτών ιστών είναι τόσο διαφορετικές, ώστε να κατατάσσουμε το όργανο σε περισσότερα από ένα συστήματα οργάνων. Το πάγκρεας, λόγου χάρη, παράγει ένζυμα απαραίτητα για τη λειτουργία του πεπτικού συστήματος και παράλληλα ρυθμίζει τη συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα, αφού ταυτοχρόνως αποτελεί ζωτικό τμήμα του ενδοκρινικού συστήματος.

Όταν μελετούμε την ιεραρχία της οργάνωσης του σώματος από το απλούστερο προς το πιο σύνθετο (δηλαδή από το επίπεδο των κυττάρων προς το επίπεδο των συστημάτων), μπορούμε να διακρίνουμε τις αναδυόμενες ιδιότητες πάνω στις οποίες στηρίζονται τα συστήματα. Αντιστρόφως, η μελέτη της ιεραρχίας της οργάνωσης από το πιο σύνθετο στο απλούστερο (δηλαδή από το επίπεδο του συστήματος προς το επίπεδο των κυττάρων) μας επιτρέπει να διακρίνουμε τα πολλαπλά επίπεδα στα οποία εκφράζεται η εξειδίκευση. Ας εξετάσουμε, φέρ' ειπείν, το πεπτικό σύστημα. Στον άνθρωπο, το πεπτικό σύστημα αποτελείται από το στόμα, τον φάρυγγα, τον οισοφάγο, τον στόμαχο, το λεπτό και το παχύ έντερο, διάφορα επικουρικά όργανα και την έδρα. Κάθε όργανο επιτελεί συγκεκριμένο ρόλο στη λειτουργία της πέψης. Μία από τις σημαντικές λειτουργίες του στομάχου είναι η έναρξη της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών. Αυτή η λειτουργία προϋποθέτει δύο ειδικές επιμέρους διεργασίες: πρώτον, την ανάδευση της τροφής από τους μυς του στομάχου· και δεύτερον, την έκκριση πεπτικών υγρών από τον βλεννογόνο που επενδύει εσωτερικά τον στόμαχο. Τα συγκεκριμένα πεπτικά υγρά παράγονται από τύπους κυττάρων με υψηλή εξειδίκευση. Ένας από αυτούς παράγει π.χ. πυκνό υδροχλωρικό οξύ.

Στους σύνθετους μορφοτύπους, οι εξειδικεύσεις διαμορφώνονται από την ποικιλία των συνδυασμών ανάμεσα σε έναν μικρό αριθμό κυτταρικών τύπων και τύπων ιστών. Λόγου χάρη, παρ' ότι οι πνεύμονες και τα αιμοφόρα αγγεία επιτελούν διαφορετικές λειτουργίες, επενδύονται από τον ίδιο τύπο ιστού, επομένως διαθέτουν αρκετές παραπλήσιες ιδιότητες. Αμέσως παρακάτω θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε αυτές τις κοινές ιδιότητες, μελετώντας τους βασικούς τύπους ιστών των σπονδυλωτών. Το πώς ακριβώς συμμετέχουν οι ιστοί στις λειτουργίες των διαφόρων οργανικών συστημάτων θα μας απασχολήσει σε μεταγενέστερα κεφάλαια.

Δομή και λειτουργία των ιστών

Οι ιστοί των ζώων διακρίνονται σε τέσσερεις βασικές κατηγορίες: τον επιθηλιακό, τον συνδετικό, τον μυϊκό και τον νευρικό ιστό. Η δομή και η λειτουργία κάθε τύπου ιστού περιγράφονται αναλυτικά στην **Εικόνα 40.5**.

Πίνακας 40.1 Συστήματα οργάνων: βασικά μέρη και κύριες λειτουργίες στα θηλαστικά

Σύστημα οργάνων	Βασικά μέρη	Κύριες λειτουργίες
Πεπτικό	Στόμα, φάρυγγας, οισοφάγος, στομάχι, έντερο, ήπαρ, πάγκρεας, έδρα	Επεξεργασία της τροφής (κατάποση, πέψη, απορρόφηση, απέκκριση)
Κυκλοφορικό	Καρδιά, αιμοφόρα αγγεία, αίμα	Κατανομή των θρεπτικών ουσιών στο εσωτερικό του οργανισμού
Αναπνευστικό	Πνεύμονες, τραχεία, άλλοι αναπνευστικοί αγωγοί	Ανταλλαγή αερίων (πρόσληψη οξυγόνου· απομάκρυνση διοξειδίου του άνθρακα)
Ανοσοποιητικό και λεμφικό	Μυελός των οστών, λεμφαδένες, θύμος αδένας, σπλήνας, λεμφαγγεία, λευκοκύτταρα	Άμυνα του οργανισμού (καταπολέμηση λοιμώξεων και καρκίνου)
Απεκκριτικό	Νεφροί, ουρητήρες, ουροδόχος κύστη, ουρήθρα	Αποβολή άχρηστων προϊόντων του μεταβολισμού· ρύθμιση της ωσμωτικής ισορροπίας του αίματος
Ενδοκρινικό	Υπόφυση, θυρεοειδής, πάγκρεας, επινεφρίδια και άλλοι αδένες που εκκρίνουν ορμόνες	Συντονισμός των δραστηριοτήτων του σώματος (π.χ. πέψη και μεταβολισμός)
Αναπαραγωγικό	Ωοθήκες ή όρχεις, και επικουρικά όργανα	Αναπαραγωγή
Νευρικό	Εγκέφαλος, νωτιαίος μυελός, νεύρα, αισθητήρια όργανα	Συντονισμός των δραστηριοτήτων του σώματος, αντίληψη των ερεθισμάτων και απόκριση σε αυτά
Καλυπτήριο	Δέρμα και τα παράγωγά του (π.χ. τρίχες, νύχια, αδένες του δέρματος)	Προστασία από μηχανικούς τραυματισμούς, μόλυνση και αφυδάτωση· θερμορρύθμιση
Σκελετικό	Σκελετός (οστά, τένοντες, σύνδεσμοι, χόνδροι)	Στήριξη του σώματος, προστασία των εσωτερικών οργάνων, κίνηση
Μυϊκό	Σκελετικοί μύες	Βάδιση, τρέξιμο και άλλες κινήσεις

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

Επιθηλιακός ιστός

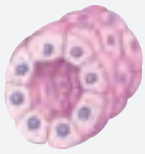
Ο **επιθηλιακός ιστός** απαντά με τη μορφή κυτταρικών στιβάδων και περιβάλλει το σώμα τόσο εξωτερικά όσο και εσωτερικά, επενδύοντας όργανα και κοιλότητες. Τα επιθηλιακά κύτταρα έχουν πολύ πυκνή διάταξη και συχνά υπάρχουν μεταξύ τους στενές συνδέσεις (βλ. Εικόνα 6.32), επιτρέποντας έτσι στον επιθηλιακό ιστό να λειτουργεί ως φραγμός προστασίας από μηχανικούς τραυματισμούς, επιθέσεις παθογόνων και απώλεια υγρών. Το **επιθήλιο**, όπως ονομάζεται κάθε επιμέρους σύνολο επιθηλιακών κυττάρων, σχηματίζει επιφάνειες οι οποίες αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Επί παραδείγματι, το επιθήλιο που καλύπτει το εσωτερικό της ρινικής κοιλότητας συμμετέχει καθοριστικά στην αίσθηση της όσφρησης.

Το σχήμα των επιθηλιακών κυττάρων είναι *κυβοειδές*, *κυλινδρικό* ή *πλακώδες*. Επιπλέον, ένα επιθήλιο μπορεί να είναι *μονόστιβο* (όταν τα επιθηλιακά κύτταρα διατάσσονται σε μία μόνο στιβάδα κυττάρων), *πολύστιβο* (όταν διατάσσονται σε πολλές στιβάδες) ή *ψευδοπολύστιβο* (όταν υπάρχει μία μόνο στιβάδα επιθηλιακών κυττάρων, αλλά κάθε κύτταρο έχει διαφορετικό ύψος). Όπως φαίνεται στην

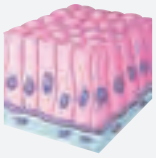
▼ Εικόνα 40.5

Εξερευνώντας τη δομή και τη λειτουργία των ζωικών ιστών

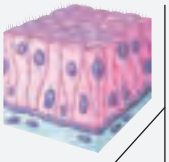
Επιθηλιακός ιστός



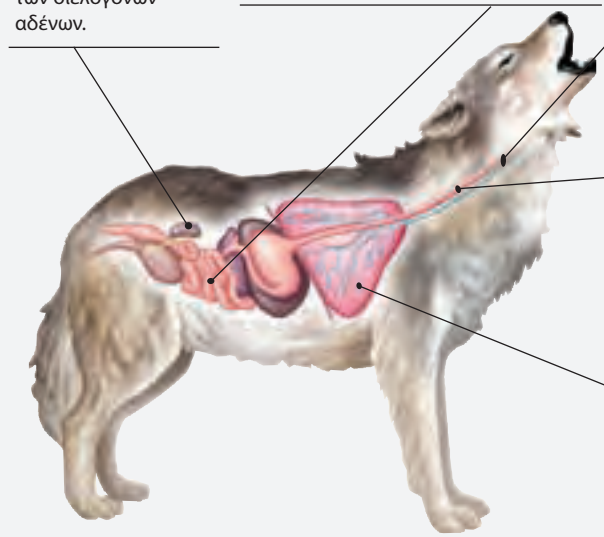
Το *κυβοειδές επιθήλιο* αποτελείται από κύτταρα που μοιάζουν με ζάρια, εξειδικευμένα στην έκκριση ουσιών. Είναι το επιθήλιο των νεφρικών σωληναρίων και πολλών αδένων, όπως του θυρεοειδούς και των σιελογόνων αδένων.

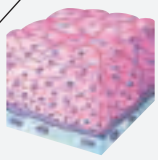


Το *μονόστιβο κυλινδρικό επιθήλιο* επενδύει εσωτερικά το έντερο. Αυτός ο τύπος επιθηλίου εκκρίνει πεπτικά υγρά και απορροφά θρεπτικές ουσίες.

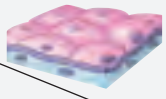


Το *ψευδοπολύστιβο κροσσωτό κυλινδρικό επιθήλιο* είναι τύπος επιθηλίου που παράγει βλέννα και καλύπτει εσωτερικά τις ρινικές οδούς πολλών σπονδυλωτών. Οι κροσσοί των κυττάρων ωθούν τη βλέννα στην επιφάνεια του επιθηλίου.

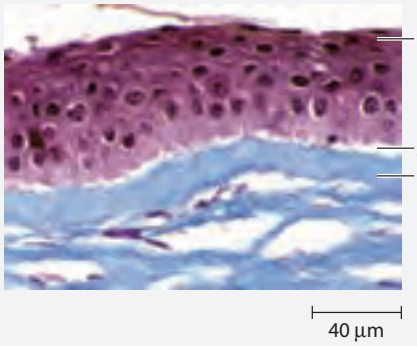




Το *πολύστιβο πλακώδες επιθήλιο* αναγεννάται ταχέως, λόγω των κυτταρικών διαιρέσεων κοντά στον βασικό υμένα (βλ. παρακάτω). Τα νέα κύτταρα ωθούνται προς τα έξω και αντικαθιστούν τα νεκρά κύτταρα των εξωτερικών στιβάδων. Απαντά σε επιφάνειες που υπόκεινται σε έντονη τριβή, όπως στην εξωτερική στιβάδα του δέρματος, στον οισοφάγο, στην έδρα (πρωκτό) και στον κόλπο.



Το *μονόστιβο πλακώδες επιθήλιο* είναι λεπτό, επιτρέπει μικρού βαθμού διέλευση ουσιών και συμμετέχει στην ανταλλαγή ύλης μέσω διάχυσης. Επενδύει το εσωτερικό των αιμοφόρων αγγείων και τις κυψελίδες των πνευμόνων, όπου η διάχυση θρεπτικών ουσιών και αερίων είναι εξαιρετικά σημαντική.



Όλα τα επιθήλια είναι πολωμένα, δηλαδή έχουν διαφορετικές ιδιότητες στις δύο πλευρές τους. Η *κορυφαία* επιφάνεια βρίσκεται προς την κοιλότητα ή την εξωτερική πλευρά του οργάνου, άρα είναι εκτεθειμένη είτε σε κάποιο υγρό είτε στον αέρα. Συχνά, η κορυφαία επιφάνεια καλύπτεται από ειδικές προεξοχές. Π.χ. το επιθήλιο του λεπτού εντέρου καλύπτεται από μικρολάχνες, ειδικές προεξοχές που αυξάνουν την επιφάνεια απορρόφησης θρεπτικών υλών (βλ. Εικόνα 40.4). Στην αντίθετη πλευρά βρίσκεται η *βασική* επιφάνεια του επιθηλίου, η οποία προσκολλάται στον *βασικό υμένα*, ένα πυκνό στρώμα εξωκυττάριων ουσιών που διαχωρίζει το επιθήλιο από τον υποκείμενο ιστό.

(Όλες οι φωτογραφίες της εικόνας έχουν ληφθεί με ΟΜ.)

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

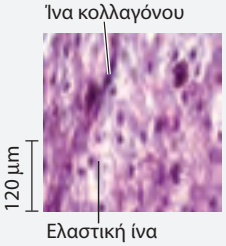
Εικόνα 40.5, το διαφορετικό σχήμα των κυττάρων ενός επιθηλίου και ο ακριβής τρόπος της διάταξής τους συσχετίζονται με συγκεκριμένες λειτουργίες. Το κυλινδρικό επιθήλιο π.χ., που χαρακτηρίζεται από κύτταρα σχετικά μεγάλου όγκου, βρίσκεται συχνά σε θέσεις έκκρισης ή ενεργού πρόσληψης.

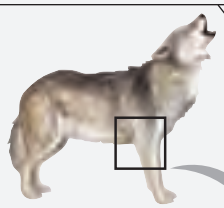
Συνδετικός ιστός

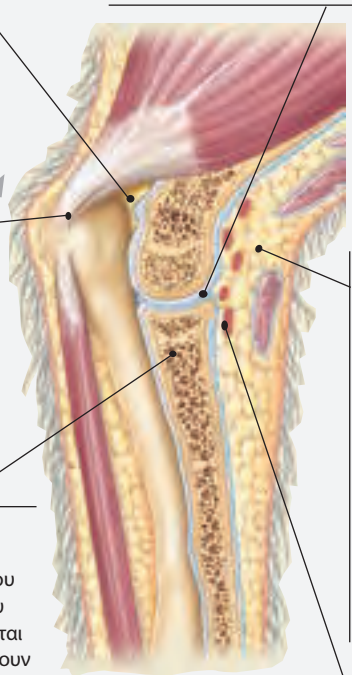
Η κυριότερη λειτουργία του **συνδετικού ιστού** είναι να συνδέει και να στηρίζει τους υπόλοιπους ιστούς του σώματος (βλ. Εικόνα 40.5). Ο συνδετικός ιστός αποτελείται από έναν αραιό πληθυσμό κυττάρων διασκορπισμένων στην εξωκυττάρια θεμέλια ουσία. Κατά κανόνα, η θεμέλια ουσία αποτελείται από ένα δίκτυο ινών βυθισμένων σε ένα υποστηρικτικό μέσο προσκόλλησης που μπορεί να είναι είτε υγρό, λεπτόρρευστο ή παχύρρευστο, είτε στερεό. Αυτή η ποικιλομορφία στη δομή της θεμέλιας ουσίας αντανακλάται στους έξι κύριους τύπους συνδετικού ιστού που απαντούν στα σπονδυλωτά: τον χαλαρό συνδετικό ιστό, τον χόνδρο (ή χονδρίτη ιστό), τον ινώδη συνδετικό ιστό, τον λιπώδη ιστό, το αίμα (ή αιματικό ιστό) και το οστό (ή οστίτη ιστό).

Συνδετικός ιστός

Ο *χαλαρός συνδετικός ιστός* είναι ο πιο σηνήθης τύπος συνδετικού ιστού στο σώμα των σπονδυλωτών. Οι ίνες κολλαγόνου, οι ελαστικές ίνες και οι δικτυωτές ίνες που εμπεριέχονται σε αυτόν συνδέουν το επιθήλιο με υποκείμενους ιστούς και συγκρατούν τα όργανα στη θέση τους.

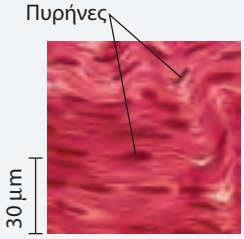






Ο **χόνδρος** περιέχει μεγάλο αριθμό ινών κολλαγόνου βυθισμένων σε μια πυκνή και ελαστική θεμέλια ουσία από θειική χονδροϊτίνη, ένα σύμπλεγμα πρωτεϊνών και υδατανθράκων. Τόσο το κολλαγόνο όσο και η θειική χονδροϊτίνη εκκρίνονται από εξειδικευμένα κύτταρα, τα *χονδροκύτταρα* και καθιστούν τον χόνδρο ισχυρό και ευλύγιστο. Ο σκελετός των εμβρύων σε πολλά σπονδυλωτά αποτελείται αμιγώς από χόνδρο, αλλά με την ωρίμανση του εμβρύου αντικαθίσταται σταδιακά από οστό. Στο ενήλικο σώμα, οι χόνδροι διατηρούνται σε ορισμένα μόνο σημεία, π.χ. στους μεσοσπονδύλιους δίσκους όπου λειτουργούν ως αποσβεστήρες κραδασμών.

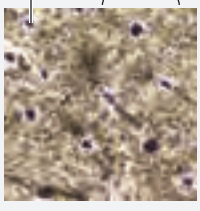




Ο *ινώδης συνδετικός ιστός* αποτελείται από ένα πολύ πυκνό στρώμα ινών κολλαγόνου που σχηματίζουν παράλληλες δέσμες, μεγιστοποιώντας έτσι την αντοχή στις δυνάμεις τάσης. Απαντά στους **τένοντες**, με τους οποίους προσφύονται οι μύες στα οστά, και στους **συνδέσμους**, που συνδέουν τα οστά στις αρθρώσεις.

Ο **λιπώδης ιστός** είναι ένας εξειδικευμένος τύπος χαλαρού συνδετικού ιστού που αποθηκεύει λίπος στα λιποκύτταρα της θεμέλιας ουσίας του. Πληροί τους ενδιάμεσους χώρους πολλών άλλων ιστών του σώματος, λειτουργώντας μονωτικά, ενώ παράλληλα αποθηκεύει καύσιμη ύλη υπό μορφή λιπιδίων (βλ. Εικόνα 4.6). Κάθε λιποκύτταρο περιέχει ένα μεγάλο λιποσταγονίδιο το οποίο διογκώνεται στις φάσεις αποθήκευσης λίπους και συρρικνώνεται στις φάσεις κατανάλωσής του.





Ο σκελετός των περισσότερων σπονδυλωτών αποτελείται από **οστά**, τύπο συνδετικού ιστού που δεσμεύει άλατα. Τα κύτταρα που σχηματίζουν το οστό ονομάζονται *οστεοβλάστες* και απελευθερώνουν κολλαγόνο στη θεμέλια ουσία του, όπου προοδευτικά σχηματίζονται πολύ σκληρά άλατα από την ένωση φωσφορικών ιόντων με ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου. Ο συνδυασμός των σκληρών αλάτων με το εύκαμπτο κολλαγόνο καθιστά τα οστά σκληρότερα από τους χόνδρους, με μεγάλη αντοχή στη θραύση. Σε μικροσκοπικό επίπεδο, τα σκληρά οστά των θηλαστικών αποτελούνται από επαναλαμβανόμενες μονάδες, τους *οστεώνες*. Σε κάθε οστεώνα, η θεμέλια ουσία και τα άλατα διατάσσονται σε ομόκεντρες στρώσεις γύρω από έναν κεντρικό σωλήνα που περιέχει αιμοφόρα αγγεία και νεύρα.

Το **αίμα** λειτουργεί διαφορετικά από τους άλλους τύπους συνδετικού ιστού, καθώς η εξωκυττάρια θεμέλια ουσία του είναι υγρή και ονομάζεται πλάσμα. Το πλάσμα συνίσταται από νερό, άλατα και διαλυμένες πρωτεΐνες, και περιέχει ερυθροκύτταρα (ερυθρά αιμοσφαίρια), λευκοκύτταρα (λευκά αιμοσφαίρια) και αιμοπετάλια. Τα ερυθροκύτταρα μεταφέρουν οξυγόνο, τα λευκοκύτταρα συμμετέχουν στην άμυνα του οργανισμού και τα αιμοπετάλια συνεισφέρουν στην πήξη του αίματος.



© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες ινών πρωτεϊνικής φύσεως στον συνδετικό ιστό: οι ίνες κολλαγόνου, οι ελαστικές ίνες (ή ίνες ελαστίνης) και οι δικτυωτές ίνες. Οι *ίνες κολλαγόνου* παρέχουν στήριξη και ευκαμψία. Παράγονται από το κολλαγόνο, ίσως την πιο διαδεδομένη πρωτεΐνη στο ζωικό βασίλειο. Οι ίνες κολλαγόνου δεν είναι ελαστικές και δεν διαρρηγνύονται εύκολα όταν διαταθούν κατά μήκος. Οι *ελαστικές ίνες* (*ίνες ελαστίνης*) υφίστανται εύκολα διάταση, αλλά έχουν μεγάλη ελαστικότητα και όταν αρθεί η τάση επανέρχονται στο αρχικό τους μήκος. Είναι νηματοειδείς και αποτελούνται από μια πρωτεΐνη που ονομάζεται ελαστίνη. Οι *δικτυωτές ίνες* είναι πολύ λεπτές και διακλαδισμένες. Αποτελούνται επίσης από κολλαγόνο και, σε συνδυασμό με τις ίνες κολλαγόνου, σχηματίζουν ένα πολύ πυκνό δίκτυο που συνδέει τον συνδετικό ιστό με γειτονικούς ιστούς. Αν σηκώσετε μια πτυχή του δέρματος στο πάνω μέρος του χεριού σας, οι ίνες κολλαγόνου και οι δικτυωτές ίνες δεν θα επιτρέψουν στον ιστό να απομακρυνθεί από το οστό, ενώ οι ίνες ελαστίνης θα επαναφέρουν το δέρμα στο αρχικό του σχήμα όταν σταματήσετε να ασκείτε τάση.

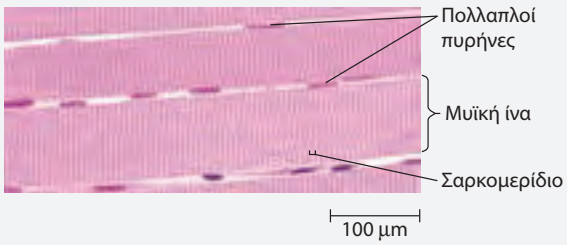
Ο τύπος συνδετικού ιστού που συγκρατεί μαζί τους ιστούς ή τα όργανα, διατηρώντας τα στη σωστή θέση, περιέχει διάσπαρτα κύτταρα με ποικίλες λειτουργίες. Από τα

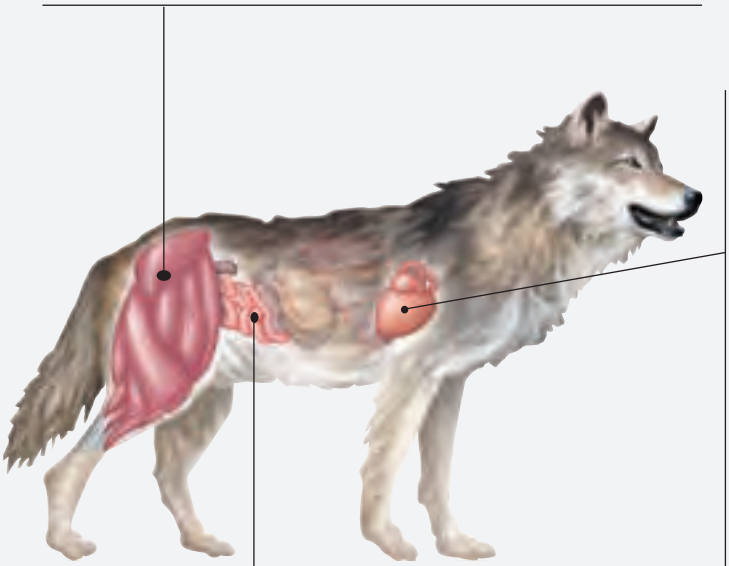
▼ Εικόνα 40. 5 (συνέχεια)

Εξερευνώντας τη δομή και τη λειτουργία των ζωικών ιστών

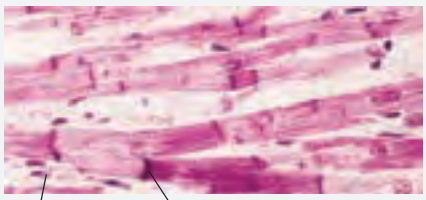
Μυϊκός ιστός

Οι **σκελετικοί μύες** προσφύονται στα οστά με τους τένοντες και ευθύνονται για τις εκούσιες κινήσεις. Ένας σκελετικός μυς αποτελείται από δέσμες επιμήκων κυττάρων που ονομάζονται μυϊκές ίνες. Αυτές περιλαμβάνουν συσταλτές μονάδες που ονομάζονται σαρκομερίδια. Η επαναλαμβανόμενη διάταξη των σαρκομεριδίων κατά μήκος των μυϊκών ινών προσδίδει στις μυϊκές ίνες γραμμωτή (ραβδωτή) εμφάνιση όταν τις παρατηρούμε στο μικροσκόπιο. Για τον λόγο αυτό, οι σκελετικοί μύες ονομάζονται και *γραμμωτοί* ή *ραβδωτοί μύες*. Στα ενήλικα θηλαστικά, ο αριθμός των μυϊκών κυττάρων είναι σταθερός. Η αύξηση της μυϊκής μάζας δεν οφείλεται στην αύξηση του αριθμού των μυϊκών ινών, αλλά στην πάχυνση όσων υπάρχουν

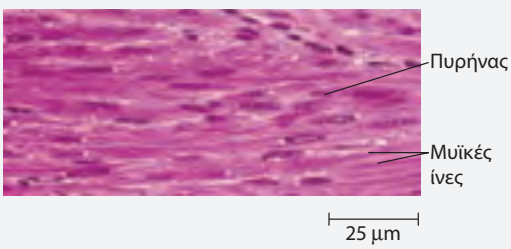




Ο **καρδιακός μυς** συνιστά το συσταλτό τοίχωμα της καρδιάς. Είναι ραβδωτός μυς, όπως οι σκελετικοί, και αρκετές από τις ιδιότητες της συστολής του μοιάζουν με εκείνες των σκελετικών μυών. Αντίθετα με τους σκελετικούς μυς, όμως, το έργο που επιτελεί ο καρδιακός μυς, δηλαδή η συστολή της καρδιάς, δεν ανήκει στις εκούσιες αλλά στις ακούσιες κινήσεις. Επιπλέον, οι ίνες του καρδιακού μυός είναι διακλαδισμένες, ενώ στα σημεία διασύνδεσης των γειτονικών ινών σχηματίζονται εμβόλιμοι δίσκοι που διευκολύνουν την αγωγή των σημάτων από το ένα κύτταρο στο άλλο και οδηγούν στον συγχρονισμό της καρδιακής συστολής.



Οι **λείοι μύες** ονομάζονται έτσι διότι δεν έχουν ραβδώσεις. Απαντούν στο τοίχωμα του πεπτικού σωλήνα, της ουροδόχου κύστης, των αρτηριών και πολλών άλλων εσωτερικών οργάνων. Τα λεία μυϊκά κύτταρα είναι ατρακτοειδή. Τους λείους μυς ελέγχουν διαφορετικά νευρικά κύτταρα από εκείνα που ελέγχουν τους σκελετικούς μυς. Ευθύνονται για τις ακούσιες σωματικές δραστηριότητες, π.χ. την ανάδευση του περιεχομένου του στομάχου, τη σύσφιξη των αρτηριών κ.λπ.



© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

κύτταρα αυτά ξεχωρίζουν δύο τύποι: οι ινοβλάστες και τα μακροφάγα. Οι **ινοβλάστες** είναι τα κύτταρα που εκκρίνουν τα πρωτεϊνικά συστατικά των ινών του εξωκυττάριου χώρου. Τα **μακροφάγα** είναι κύτταρα ικανά να κινούνται ανάμεσα στις εξωκυττάριες ίνες και να εγκολπώνουν, με φαγοκυττάρωση, ξένα σωματίδια και υπολείμματα νεκρών κυττάρων (βλ. Κεφάλαιο 6).

Μυϊκός ιστός

Ο **μυϊκός ιστός** είναι υπεύθυνος για όλους σχεδόν τους τύπους κίνησης του σώματος. Όλα τα μυϊκά κύτταρα περιέχουν ινίδια δύο εξειδικευμένων πρωτεϊνών, της ακτίνης και της μυοσίνης. Η ικανότητα συστολής των μυών οφείλεται στην κατάλληλη αλληλεπίδραση αυτών των ινιδίων. Σε πολλά ζώα, ο μυϊκός ιστός καταλαμβάνει υψηλότερο ποσοστό σωματικής μάζας από οποιονδήποτε άλλο ιστό, με αποτέλεσμα η μυϊκή δραστηριότητα να ευθύνεται για μεγάλο μέρος των ενεργοβόρων κυτταρικών εργασιών των δραστήριων ζώων. Στο σώμα των σπονδυλωτών απαντούν τρεις τύποι μυϊκού ιστού: ο σκελετικός, ο καρδιακός και ο λείος μυϊκός ιστός.

Νευρικός ιστός

Ο **νευρικός ιστός** ευθύνεται για την αντίληψη των ερεθισμάτων και τη μετάδοση σημάτων, με τη μορφή νευρικών ώσεων, από το ένα μέρος του ζωικού σώματος σε κάποιο άλλο. Ο νευρικός ιστός περιλαμβάνει δύο τύπους κυττάρων: τους **νευρώνες** ή **νευρικά κύτταρα** και τα **νευρογλοιακά κύτταρα** ή **νευρογλοία**. Οι νευρώνες διαθέτουν προεκβολές που ονομάζονται νευράξονες και είναι εξειδικευμένοι στην αγωγή των νευρικών ώσεων (βλ. Εικόνα 40.5). Οι διάφοροι τύποι νευρογλοιακών κυττάρων συνεισφέρουν στη θρέψη και τη μόνωση των νευρώνων, καθώς και στην πλήρωση του χώρου γύρω τους. Σε πολλά ζώα, η συγκέντρωση νευρικού ιστού σε συγκεκριμένη θέση συνεπάγεται τον σχηματισμό του εγκεφάλου, ο οποίος συνιστά το σημαντικότερο κέντρο επεξεργασίας πληροφοριών στο σώμα. Όπως θα δούμε στη συνέχεια, οι νευρώνες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη διεκπεραίωση μεγάλου αριθμού φυσιολογικών λειτουργιών του ζώου.

Νευρικός ιστός

Το νευρικό κύτταρο (νευρώνας) είναι η βασική μονάδα του νευρικού συστήματος. Ένας νευρώνας αποτελείται από το κυτταρικό σώμα και δύο τουλάχιστον προεκβολές, που ονομάζονται δενδρίτες και νευράξονας, αντίστοιχα. Οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται από τα άκρα των δενδριτών προς το κυτταρικό σώμα του νευρώνα. Οι νευράξονες, που συνήθως συγκεντρώνονται σε δέσμες σχηματίζοντας τα νεύρα, μεταδίδουν ώσεις είτε προς άλλους νευρώνες είτε προς κύτταρα-τελεστές, δηλαδή κύτταρα που συμμετέχουν σε κάποια απόκριση του σώματος, π.χ. τα μυϊκά. Οι νευρώνες περιβάλλονται και υποστηρίζονται στη λειτουργία τους από εξειδικευμένα γλοιοκύτταρα.



(ΟΜ φθορισμού)



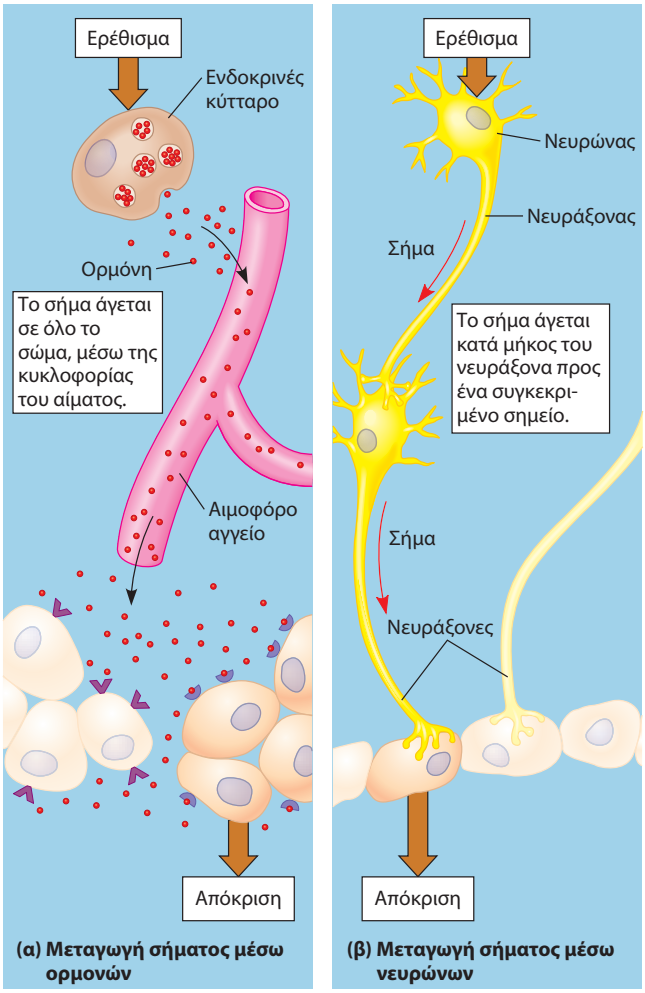
(ΟΜ)

Συντονισμός και έλεγχος

Οι ιστοί, τα όργανα και τα συστήματα οργάνων ενός ζώου πρέπει να δρουν συντονισμένα μεταξύ τους. Λόγου χάρη, όταν η φώκια της Εικόνας 40.2 πραγματοποιεί μια παρατεταμένη κατάδυση και προωθείται χρησιμοποιώντας τα πίσω πτερύγιά της, ο καρδιακός ρυθμός χαμηλώνει, οι πνεύμονες συμπτύσσονται και η θερμοκρασία του σώματος μειώνεται. Ο συντονισμός της δραστηριότητας ανάμεσα στα διάφορα μέρη ενός ζωικού σώματος προϋποθέτει την ύπαρξη ενός συστήματος επικοινωνίας μεταξύ των μερών. Τι είδους σήματα χρησιμοποιούνται και πώς μεταδίδονται μέσα στο σώμα; Δύο είναι τα κύρια συστήματα ελέγχου και συντονισμού στο σώμα, το ενδοκρινικό και το νευρικό (**Εικόνα 40.6**). Στο ενδοκρινικό σύστημα, τα σήματα συνίστανται από σηματοδοτικά μόρια τα οποία απελευθερώνονται από ενδοκρινή κύτταρα και μπορούν, μέσω της κυκλοφορίας του αίματος, να φθάσουν σε όλα τα σημεία του σώματος. Στο νευρικό σύστημα, τα σήματα μεταβιβάζονται μέσω των νευρώνων, αλλά η μετάδοσή τους γίνεται πάντα μεταξύ συγκεκριμένων σημείων του σώματος.

Τα σηματοδοτικά μόρια που παράγονται στο ενδοκρινικό σύστημα και κυκλοφορούν σε όλο το σώμα ονομά-

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016



▲ **Εικόνα 40.6 Μεταγωγή σήματος στο ενδοκρινικό και στο νευρικό σύστημα.** Τα ενδοκρινή κύτταρα εκκρίνουν στην κυκλοφορία του αίματος εξειδικευμένες ορμόνες, δηλαδή μόρια με εξειδικευμένη σηματοδοτική λειτουργία (κόκκινες κουκκίδες, στο σχήμα). Τα μόνα κύτταρα που προσλαμβάνουν το ορμονικό σήμα και αποκρίνονται είναι όσα εκφράζουν τον αντίστοιχο υποδοχέα. Τα νευρικά κύτταρα (νευρώνες) δημιουργούν σήματα που άγονται κατά μήκος των νευραξόνων. Τα μόνα κύτταρα που δέχονται το νευρικό σήμα και αποκρίνονται σε αυτό είναι όσα σχηματίζουν μια ειδική σύνδεση με τον νευράξονα του διεγερμένου νευρώνα.

ζονται **ορμόνες**. Διαφορετικές ορμόνες επάγουν διαφορετικά αποτελέσματα, ενώ τα μόνα κύτταρα που αποκρίνονται σε μια ορμόνη είναι όσα διαθέτουν ειδικούς υποδοχείς γι' αυτήν (**Εικόνα 40.6α**). Μια ορμόνη, ανάλογα με τη θέση των κυττάρων που φέρουν τον κατάλληλο υποδοχέα, είναι δυνατό να δρα είτε σε ένα μόνο σημείο του σώματος είτε σε πολλά. Παράλληλα, ένα κύτταρο μπορεί να εκφράζει πάνω από έναν τύπο υποδοχέων. Επί παραδείγματι, τα κύτταρα των ωοθηκών και των όρχεων δεν ρυθμίζονται μόνον από τις ορμόνες του φύλου, αλλά και από τις ορμόνες του μεταβολισμού. Στις ορμόνες αυτές ανήκει και η ινσουλίνη, η οποία ελέγχει τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος μέσω της ικανότητάς της να δεσμεύεται και να ρυθμίζει τη δραστηριότητα κάθε τύπου κυττάρων πλην των εγκεφαλικών.

Η ταχύτητα δράσης των ορμονών είναι μάλλον χαμηλή. Τόσο η ινσουλίνη όσο και οι άλλες ορμόνες χρειάζονται αρκετά δευτερόλεπτα μέχρι να εκκριθούν στην κυκλοφορία του αίματος και να μεταφερθούν σε όλο το σώμα. Κατά κανόνα, η επίδραση των ορμονών δεν είναι στιγμιαία αλλά διαρκεί αρκετά, καθώς η παραμονή τους στην κυκλοφορία του αίματος και η πρόσδεση στους ιστούς-στόχους κυμαίνεται από λίγα δευτερόλεπτα έως λίγα λεπτά, ή ακόμα και λίγες ώρες.

Στο νευρικό σύστημα, τα σήματα ονομάζονται νευρικές ώσεις ή νευρικοί παλμοί και η μετάδοσή τους δεν είναι γενικευμένη σε όλη την έκταση του σώματος (όπως γίνεται με τις ορμόνες), αλλά εντοπισμένη. Οι νευρικές ώσεις άγονται προς τα κύτταρα-στόχους κατά μήκος εξειδικευμένων γραμμών επικοινωνίας που αποτελούνται κυρίως από τις ειδικές προεκβολές των νευρώνων, οι οποίες ονομάζονται νευράξονες (**Εικόνα 40.6β**). Τέσσερεις είναι οι τύποι κυττάρων που μπορούν να αποκριθούν σε μια νευρική ώση: άλλοι νευρώνες, μυϊκά κύτταρα, ενδοκρινή κύτταρα και εξωκρινή κύτταρα. Σε αντιδιαστολή με τον τρόπο δράσης των ορμονών και του ενδοκρινικού συστήματος, η πληροφορία που μεταφέρεται μέσω του νευρικού συστήματος καθορίζεται από το εκάστοτε *μονοπάτι* που ακολουθεί το σήμα. Λόγου χάρη, η ικανότητα διάκρισης ανάμεσα σε διαφορετικές μουσικές νότες οφείλεται στο ότι η συχνότητα κάθε νότας ενεργοποιεί διαφορετικούς νευρώνες κατά μήκος της νευρικής οδού που συνδέει το αυτί με τον εγκέφαλο.

Κατά κανόνα, η μεταφορά του σήματος στο νευρικό σύστημα περιλαμβάνει περισσότερους από έναν τύπους σημάτων. Οι νευρικές ώσεις άγονται κατά μήκος των νευραξόνων, ενίοτε μάλιστα σε μεγάλες αποστάσεις, με τη μορφή μεταβολών στη διαφορά δυναμικού. Σε πολλές περιπτώσεις, όμως, η μετάδοση του σήματος από τον έναν νευρώνα στον άλλο περιλαμβάνει και τη χρήση τοπικών χημικών σημάτων. Συνολικά, η μετάδοση του σήματος μέσω των νευρώνων γίνεται εξαιρετικά γρήγορα. Οι νευρικές ώσεις χρειάζονται κλάσματα του δευτερολέπτου για να φθάσουν στον στόχο τους, αλλά εξίσου σύντομη είναι και η διάρκεια δράσης τους.

Τα δύο κυριότερα συστήματα επικοινωνίας του σώματος, το νευρικό και το ορμονικό, διαφέρουν ως προς τη φύση του μεταδιδόμενου σήματος, αλλά και ως προς τον τρόπο μετάδοσης, την ταχύτητα και τη διάρκεια δράσης. Έτσι, καθένα από τα δύο συστήματα έχει προσαρμοστεί στην εκτέλεση διαφορετικών λειτουργιών. Το ενδοκρινικό σύστημα συντονίζει αλλαγές που είναι βαθμιαίες και επηρεάζουν το σύνολο του σώματος, όπως π.χ. την αύξηση και ανάπτυξη, την αναπαραγωγή, τις μεταβολικές διεργασίες και την πέψη. Αντίθετα, το νευρικό σύστημα χρησιμοποιείται για τις άμεσες και ταχείες αποκρίσεις στο περιβάλλον, ιδίως για τον έλεγχο των γρήγορων κινήσεων και της συμπεριφοράς. Και τα δύο συστήματα, πάντως, συμβάλλουν στο να διατηρείται σταθερό το εσωτερικό περιβάλλον του σώματος, κάτι που θα εξετάσουμε αμέσως παρακάτω.

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ - ΕΙΔΙΚΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ 2016

ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΝΝΟΙΩΝ 40.1

1. Ποιες ιδιότητες είναι κοινές σε όλους τους τύπους επιθηλίων;
2. Σε ποιες θερμοκρασιακές συνθήκες θα ήταν χρήσιμο για τον λαγό να ακουμπήσει τα ωτιαία πτερύγια στο σώμα του;
3. **ΤΙ ΘΑ ΓΙΝΟΤΑΝ ΑΝ...;** Έστω ότι στέκεστε στην άκρη ενός γκρεμού και ξαφνικά γλιστράτε… Μετά βίας διατηρείτε την ισορροπία σας και αποφεύγετε την πτώση. Καθώς η καρδιά σας χτυπά δυνατά, αισθάνεστε μια έκλυση ενέργειας σε ολόκληρο το σώμα που εν μέρει οφείλεται στην απότομη εισροή αίματος στις διογκωμένες αρτηρίες των μυών και στην αύξηση της συγκέντρωσης γλυκόζης στο αίμα. Αυτός ο τύπος απόκρισης του σώματος ονομάζεται «πάλη ή φυγή». Τι σας κάνει να θεωρείτε ότι μια τέτοιου τύπου απόκριση προϋποθέτει τη συνεργασία του νευρικού και του ενδοκρινικού συστήματος;

Για προτεινόμενες απαντήσεις, βλ. Παράρτημα Α.